

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Implementación del uso de cimbras en AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05

SW para mejorar el sostenimiento en Empresa Minera Ares S.A.C.– Unidad

Inmaculada

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Elio Esaú VICENTE GARAY

Asesor:

Ing. Julio Cesar SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

Implementación del uso de cimbras en AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05

SW para mejorar el sostenimiento en Empresa Minera Ares S.A.C.– Unidad

Inmaculada

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS
PRESIDENTE

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO

Mg. Nelson MONTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 078-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:
Bach. Elio Esaú, VICENTE GARAY.

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo
“Implementación del Uso de Cimbras en AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW para Mejorar el Sostenimiento en Empresa Minera Ares S.A.C.– Unidad Inmaculada.”

Asesor:
Ing. Julio Cesar, SANTIAGO RIVERA

Índice de Similitud: **11 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 20 de diciembre de 2024.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A mis queridos padres y hermanos por su apoyo incondicional, para poder lograr mis sueños y mis objetivos de ser profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme sabiduría y protegerme durante todo mi camino dándome las fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi papa apoyo en mi educación, sus consejos y experiencia a ayudado que se cumplan uno a uno todos los objetivos; y a mi mama través de tus enseñanzas y cariño, has dejado una huella imborrable en mi vida, y mi éxito académico es un reflejo de tu inquebrantable dedicación. Valoro mucho las lecciones de vida que me han impartido y por el cariño que siempre me han brindado.

A mis hermanos y familiares por su apoyo constante y por acompañarme durante todo este arduo camino y compartir conmigo alegrías y fracasos

agradecimiento infinito a los Sres. Docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas por sus enseñanzas y consejos brindados a lo largo de mi formación profesional

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto

RESUMEN

El trabajo presentado a continuación, que tiene por título “Implementación del Uso de Cimbras en AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW para Mejorar el Sostenimiento en Empresa Minera Ares S.A.C.– Unidad Inmaculada.”, plantea como objetivo: Determinar el comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) debido a las presiones en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW lo que nos permite decidir con immediates y ampliar el tiempo operativo de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada.; como hipótesis plantea: Una buena instalación o comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW o que nos permite decidir con immediates y ampliar el tiempo operativo de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada, en lo concerniente a la metodología de este trabajo será de tipo aplicado, presentado un nivel descriptivo y explicativo apoyándose en el método científico de manera que pueda deducciones y análisis dentro de un marco no experimental como diseño, así mismo labores acceso a crucero AC 383491 – Nv 4360 – 4375/ veta 05 SW conforman el grupo muestral a trabajar.

Finalmente terminamos con conclusiones y recomendaciones.

Palabras claves: Sostenimiento, cimbras, convergencia, diseño, costos.

ABSTRACT

The research carried out, which is titled “Implementation of the Use of Formwork in AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW to Improve Sustainability in Empresa Minera Ares S.A.C. – Inmaculada Unit.”, aims to: Determine the behavior of the metal frames (forms) due to the pressures in the AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW that will allow us to make immediate decisions and extend the life time of the metal panels at Company Minera Ares Inmaculada unit.; As a hypothesis, it proposes: Good installation or behavior of the metal frames (formwork) in AC 383491 – Lv. 4360 – 4375 / VE 05 SW that will allow us to make immediate decisions and extend the life time of the metal frames in company Minera Ares unit Inmaculada, regarding the methodological process we see that the research is applied, with a descriptive, explanatory level, making use of the scientific method, with the support of specific deductive and analytical methods; With a non-experimental design, the sample consists of the work access to cruise AC 383491 – Nv 4360 – 4375/veta 05 SW.

Finally, we finish with conclusions and recommendations.

Keywords: Sustainability, formwork, convergence, design, costs.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el método de minado hundimiento por subniveles se viene ejecutando en la Compañía Minera Ares Unidad Inmaculada. En ese contexto uno de los inconvenientes relacionados lo presenta el cuerpo de rocas al mostrar evidencias claras de inestabilidad en las operaciones de los niveles subterráneos y en las zonas de subsidencia a nivel de superficie. Las causas identificadas de este problema son: Estructuralmente el cuerpo rocoso presenta una calidad deficiente que se manifiesta en su expansividad y deformidad alta como sus principales características, además del agua presente en las labores. Así mismo también se identifican factores externos al perfil estructural de la roca como: el esfuerzo inducido como consecuencia del proceso de minado, que a pesar de tener una magnitud baja presenta un impacto significativo debido a la poca resistencia del cuerpo rocoso.

La investigación se centra en el estudio de las cimbras que se encuentran extendidas a lo largo del AC 383491– Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW y galerías principales de acceso, debido a que la vida operativa que las cimbras ofrecen no cubre el tiempo que las operaciones demandan, por ese motivo se debe ejecutar la revisión de la convergencia de las cimbras

El desarrollo de la tesis está estructurado por capítulos y es como sigue.

Capítulo I abarca la problemática de la investigación referente al análisis de las cimbras, en este marco se plantea el problema, los objetivos, y se propone una hipótesis de trabajo, así como las variables. Además, se delimita la investigación y se mencionan las limitaciones ocurridas.

Capítulo II, se enfoca al Marco Teórico, para lo cual se revisa los antecedentes, las bases teóricas, y los términos centrales para la investigación.

Capítulo III, aborda el marco metodológico que se empleó, detallando método de investigación que se dispuso, además del nivel y tipo de investigación. Así mismo, se detalla el diseño optado para la investigación, y los grupos poblacionales y muestrales, por último, se mencionan las Técnicas e instrumentos utilizados para recolectar datos y la manera en que se procesaron.

Capítulo IV esta dedica a la presentación y discusión de resultados del trabajo dedicado al diseño de las cimbras, comportamiento, convergencia, factores que afectan la vida de las cimbras y costos.

Por último, presentamos las conclusiones, recomendaciones y bibliografía completa que se debió revisar para elaborar esta tesis.

El autor

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	3
1.2.1.	Delimitación espacial	3
1.2.2.	Delimitación temporal.....	3
1.3.	Formulación del problema.....	3
1.3.1.	Problema General	3
1.3.2.	Problema Específicos	3
1.4.	Formulación de Objetivos	4
1.4.1.	Objetivo General.....	4
1.4.2.	Objetivos Específicos.....	4
1.5.	Justificación de investigación.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	7
2.2.	Bases teóricas - científicas.....	10
2.2.1.	Concepto de cimbras	10
2.2.2.	Perfiles de las cimbras.....	11
2.2.3.	Tipos de cimbras	11
2.2.4.	Cimbras rígidas	11
2.2.5.	Cimbras Cedentes	13
2.2.6.	Sección de cimbras deslizante omega.....	14
2.2.7.	Uniones	19
2.2.8.	Instalación de cuadros metálicos	22
2.2.9.	Tresillonado del cuadro.....	26
2.2.10.	Empiquetado y guarnecido del cuadro.....	27
2.3.	Definición de términos Básicos.....	28
2.4.	Formulación de la hipótesis.....	30
2.4.1.	Hipótesis General.....	30
2.4.2.	Hipótesis específicas	30
2.5.	Identificación de variables.....	31
2.5.1.	Variables para la hipótesis general	31
2.5.2.	Variables para la hipótesis específicas.....	31
2.6.	Definición Operacional de variables e indicadores	31

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	34
3.2.	Nivel de investigación	34
3.3.	Métodos de investigación	34
3.4.	Diseño de investigación.....	35
3.5.	Población y muestra.	35
3.5.1.	Población.....	35
3.5.2.	Muestra.....	35
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	35
3.6.1.	Técnicas.....	35
3.6.2.	Instrumentos	35
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	36
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	38
3.9.	Tratamiento Estadístico.	39
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica	40

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	41
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	41
4.2.1.	Metodología de diseño del sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras), en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW	44

4.2.2. Análisis de convergencias del comportamiento de los cuadros metálicos	65
4.2.3. Instrumentación	72
4.2.4. Efectos de los factores influyentes en la duración de las cimbras	75
4.2.5. Costos de materiales y de instalación	77
4.3. Prueba de Hipótesis	89
4.4. Discusión de resultados	91
4.4.1. Diseño del sistema de cimbras.....	91
4.4.2. Convergencia del comportamiento de las cimbras	94
4.4.3. Efectos de los factores influyentes en la duración de las cimbras	95
4.4.4. Costos de materiales y de instalación	96

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Grafica del sostenimiento con cimbras regidas.....	12
Figura 2 Sostenimiento con cimbras rígidas	13
Figura 3 Grafica de sostenimiento con cimbras deslizantes.....	14
Figura 4 Sostenimiento con cimbras deslizantes.....	14
Figura 5 Corte de una sección de cimbra deslizante	15
Figura 6 Cuadros en perfil Ω simétricos, deslizantes, en tres elementos	16
Figura 7 Cuadros deslizantes en perfil Q para galería, en cuatro partes	17
Figura 9 Uniones tipo G para Ω N	19
Figura 10 Uniones tipo “abacon” para perfil Ω N.....	20
Figura 11 Uniones Tipo “AUXI” Para Perfil Ω N invertido.....	21
Figura 12 Uniones para perfiles Ω 18	21
Figura 13 Empalmes de cimbras parte 1	23
Figura 14 Empalme de cimbras parte 2	25
Figura 15 Colocación de solera y ajuste perfecto de las partes del cuadro	26
Figura 16 Tipos de tresillones	27
Figura 17 Ubicación del Yacimiento Inmaculada	41
Figura 18 “Método de explotación en la mina”.....	42
Figura 19 Gráfico del método Sublevel Stopping	43
Figura 20 Esquema ilustrativo de la metodología de Terzaghi	46
Figura 21 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero.....	52
Figura 22 Perfil de viga” Wide Flange” y HEB	56
Figura 23 . Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de Momentos	58

Figura 24 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de carga normal.....	59
Figura 25.. Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de Momentos	61
Figura 26 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de carga normal.....	62
Figura 27 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de Momentos.	64
Figura 28 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de Esfuerzo normal.....	64
Figura 29 Esquema del sostenimiento con cimbras rígidas.....	65
Figura 30 Labor sostenimiento con cimbras rígidas.....	65
Figura 31 Diagrama de flujo de la metodología de investigación.....	67
Figura 32 Esquema ilustrativo de la medición de convergencia	68
Figura 33 Leyenda del formato para registro de mediciones	70
Figura 34 De Cimbras vs ancho de cimbra. Para el control de la convergencia	71
Figura 35 Equipos usados para el control de la convergencia.....	72
Figura 36 Metodología Del Procesamiento De Datos	75
Figura 37 Tiempo de vida de las cimbras vs. Velocidad de deformación bajo la influencia del agua subterránea.	76
Figura 38 Código de colores de deformaciones	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cimbras rígidas.....	11
Tabla 2 Cimbras cedentes.....	14
Tabla 3 Datos técnicos de perfiles Ω N	18
Tabla 4 Datos técnicos Uniones tipo G para Ω N	19
Tabla 5 Dimensiones de las grapas de la cimbra T_H(omega)	22
Tabla 5 Accesibilidad del yacimiento	42
Tabla 6 Clasificación del macizo rocoso según el grado de fracturación	47
Tabla 7 Coeficiente de resistencia de Protodyakonov.....	49
Tabla 8 Propiedades geométricas según el perfil estructural	55
Tabla 9 Momentos y carga normal. Cimbra rígida, Zona A.	57
Tabla 10 Momentos y carga normal. Cimbra rígida, Zona B.....	60
Tabla 11 Tabla de momentos y carga normal, cimbra rígida, Zona B.	63
Tabla 12 Registro de mediciones de convergencias.....	69
Tabla 13 Registro cronológico de las medidas (cm)	75
Tabla 14 Mediciones de velocidad de deformación (cm/día)	76
Tabla 15 Mediciones ancho (cm)	77
Tabla 16 Mediciones de velocidad de deformación (cm/día)	78
Tabla 17 Influencia del agua subterránea en el Tiempo de vida de las cimbras.	76
Tabla 18 Precio de los insumos al 2022 en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada	78
Tabla 19 Costos por metro de avance para los diferentes tipos de cimbra usados.....	78
Tabla 20 Costo de colocación de cimbras 6H20 (4.5m x 3.0m, 3.5m x 3m, 3m x3m) ..	79
Tabla 21 Costo de colocación de cimbras THN-29 (3m x3m).....	80
Tabla 22 Costo de colocación de cimbras THN-29 (3.25m X 3m).....	81

Tabla 23 Enmaderado de cimbras (Enrejado y encibado)	82
Tabla 24 Colocación de marchavante de riel	83
Tabla 25 Colocación de marchavante de madera	84
Tabla 26 Retirado de cimbras antiguas	85
Tabla 27 Colocación de solera invertida (Invert)	86
Tabla 28 Instalación de cimbras de refuerzo 6W20 (3.0m X 3.0 m)	87
Tabla 29 Instalación de cimbras de refuerzo THN-29 (3.0m X 3.0 m).....	88

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

La Compañía Minera Ares Unidad Inmaculada en la actualidad ejecuta una estrategia de minado mediante el uso de del método hundimiento por subniveles. En ese contexto se identificaron una problemática relacionada con las condiciones de estabilidad de la masa rocosa en los niveles subterránea, así como en el sector subsidencia superficial.

En términos generales entre las causas identificadas de esta condición estructural se encuentran un nivel muy malo en cuanto a la masa rocosa, su expansividad característica, además de su alto nivel de deformabilidad y la presencia de agua. Así mismo, debemos reconocer que otro elemento que tiene un impacto significativo sobre la poca resistencia que puede ofrecer la masa rocosa es el esfuerzo inducido como consecuencia de las labores de minado, aunque se trate de magnitudes bajas comparativamente.

En las operaciones actuales de la mina se determinó que las labores de sostenimiento que ofrezca un nivel de sostenimiento adecuado solo pueden

ejecutarse mediante el uso de cimbras. De manera que dichas labores puedan mantenerse operativamente estables durante el tiempo operativo de las labores. Garantizando que las condiciones de seguridad que puedan ofrecer la infraestructura se mantengan optimas además de económicamente viables.

En las secciones principales de las galerías de acceso y específicamente en el sector denominado AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW se dispuso la instalación de cimbras. Sin embargo, en estos casos específicos se evidencian un notable bajo rendimiento de la duración de estas instalaciones, motivo por el cual se debe monitorizar la convergencia de las cimbras.

A partir de estas evaluaciones que se enfocan en medir los últimos rendimientos de las cimbras en dos ocasiones con lo que se puede establecer conclusiones parciales sobre el estado de la vida operativa de las cimbras, que permitan estimar el tiempo operativo de las cimbras y su duración además de implementar las correcciones necesarias inmediatamente. Estas evaluaciones al ser parciales y debido a los ritmos variables de las deformaciones en las cimbras presentan un margen de error que se debe tener en cuenta.

En este contexto operativo esta tesis fija su objetivo central en el método de convergencias mediante la ampliación de su utilidad. De esta manera se podrá convertir un método, que se enfoca en proveer información acerca de las ocurrencias momentáneas, en un instrumento para analizar correlativamente el registro temporal de las velocidades de deformación de las cimbras con los aspectos más influyentes de su implementación como: calidad del material rocoso, las secuencias del minado y las condiciones del agua a nivel subterráneo.

De esta manera se podrá estimar, en cada caso de instalación de una cimbra y sus accesorios, sus comportamientos típicos, el tiempo operativo, la

convergencia que se puede esperar a niveles máximos, la duración de este proceso. En ese sentido se podrá anticipar eventos relaciones e implementar acciones orientadas a prevenir, controlar o corregir las deformaciones que puedan presentar las cimbras de instalación reciente.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Este trabajo se ejecutará en la Empresa Minera Ares – Unidad Inmaculada cuyas operaciones están ubicadas en la localidad de Oyolo, provincia de Paucar en el departamento de Ayacucho.

1.2.2. Delimitación temporal

Para llevar a término satisfactoriamente este trabajo se requerirá abarcar un semestre completo entre los meses de julio y diciembre del año 2023.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Cuál es el comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) debido las presiones en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW que nos permitirán tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada?

1.3.2. Problema Específicos

Problema específico a

¿Cuál es la metodología de diseño del sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras), en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada?

Problema específico b

¿Cómo determinamos la convergencia en el análisis del comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada?

Problema específico c

¿Cómo influyen los factores tal como el agua subterránea, el método de minado, calidad de roca, en el sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) debido las presiones en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW que nos permitirán tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada.

1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo específico a

Conocer la metodología de diseño del sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras), en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada.

Objetivo específico b.

Determinar la convergencia en el análisis del comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada.

Objetivo específico c.

Conocer la influyen los factores tal como el agua subterránea, el método de minado, calidad de roca, en el sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada

1.5. Justificación de investigación

Llevar a cabo este trabajo encuentra su justificación de distintas maneras que se mencionan a continuación:

Justificación Teórica

Justifica su realización debido a que durante el desarrollo de la investigación se obtendrá nuevas informaciones, datos que incrementaran los conocimientos sobre el uso de cimbras en la minería los cuales pueden ser aplicadas en otras realidades.

Justificación Practica

Vemos que al implementar el uso de las cimbras podremos determinar su comportamiento, conocer la metodología de diseño de sostenimiento con cimbras ver el grado de convergencia y los factores determinan la duración de la vida de las cimbras y así poder tomar decisiones en cuanto a la conservación y mantenimiento de las cimbras.

Justificación Seguridad

La aplicación de la investigación hará posible que se eviten accidentes en las labores debido a caída de rocas porque tendremos información sobre control, conservación, mantenimiento de las cimbras.

1.6. Limitaciones de la investigación

Debido al apoyo que se cuenta de parte de la empresa no vemos limitación alguna durante el desarrollo de la investigación salvo el tiempo que se ha programado.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Primer antecedente:

En la tesis “Implementación del uso de cimbras en AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW para mejorar el sostenimiento en Empresa Minera Ares S.A.C.– Unidad Inmaculada” sustentada por (NUÑEZ) tuvo como objetivo la reducción de costos implementando en el sostenimiento el uso de cimbras en la mina Iscaycruz y como conclusiones planteo:

Concluye que el sostenimiento es de madera con una seguridad bastante baja y el costo durante 2 años ascendieron a 429,793.28 \$

Para el sostenimiento con cimbras es necesario primeramente fortificar las labores, capacitación del personal sobre seguridad e instalación de cimbras

Antes de la instalación de las cimbras se debe planificar adecuadamente teniendo en cuenta la calidad, las especificaciones técnicas y costos.

El costo que conlleva la instalación de las cimbras reduce a un 59 % el costo de sostenimiento y tienen una duración de 12 años.

Segundo antecedente

La tesis de (MONTALVO, 2019) titulado “Optimización del uso de cimbras para mejorar la seguridad en las labores subterráneas de la E.C.M. Santa Catalina, UEA Cerro Sac – 2018” tuvo como objetivo mejorar la seguridad mediante la optimización en E:C:M Santa Catalina, y como conclusión planteo:

Se concluye al final de la investigación el tipo de cimbra que se escogió es la timbra de tipo 6H20 por el tiempo de duración que fue de 167 meses. El resto de cimbras tuvieron una duración de: cimbra VDL 17 meses, cimbra 4H13 64 meses, cimbra THN 83 meses

Tercer antecedente

La tesis de (ESTRELLA, 2015) titulado “SOSTENIMIENTO DE LABORES CON CIMBRAS METÁLICAS EN EL DISEÑO DEL SUBLEVEL CAVING” su objetivo fue determinar la relación entre las cimbras y las presiones que ejerce la roca durante la explotación por sublevel Caving y como conclusión arribo a:

Se hizo un estudio geológico de la falla Cochas Gran Bretaña, del Stock Chuquipite y de las dimensiones de la mineralización llegando a 200 a 220 metros.

La mineralización es diseminado, lixiviado, fracturado con un RQD muy malo, un RMR entre 10 y 20, secciones de labor no mayor a 3.3 m x 3.3 m con un sostenimiento inmediato con cimbras

Se logra controlar las aguas subterráneas a afectaban las labores, así como las aguas pluviales que ingresan a los conos de subsidencia mediante canales de coronación

En las zonas donde se instaló las cimbras se tiene el alcance máximo de convergencia llego a 35 cm en 22 – 25 días.

Es posible extender la excavación por su parte ancha extendiendo la vida operativa de las cimbras de acuerdo a la simulación con el programa Phases 6.0.

Cuarto antecedente

La tesis de (CARDENAS , 2019) titulado Optimización del armado de cimbras en las ventanas de los tajos sub Level Caving en la U.M. Yauricocha cuyo objetivo fue mejorar la ejecución del sostenimiento en las ventanas de los tajos Sub Levin Caving usando cimbras y como conclusión planteo:

Se logro armar durante una guardia dos cimbras esto debido a la mecanización en el armado de las cimbras reduciendo el tiempo de 5.82 horas a 2.89 horas; incrementando de 32.7 cimbras a 50,3 cimbras por mes

El uso de equipos como miniescavadora, pistola para empernar, tecele, andamios, cierra circular influyen en el armado de las cimbras

El avance por disparo aumento de 1.13 a 1.35 con la nueva mallade perforacion, esto permitió armas 2 cimbras por guardia.

También se logró controlar la sobrerotura de la corona, de los arrastres y el picado de la patilla

Quinto antecedente

La tesis de (CRISPIN, ESPINOZA, 2013) que lleva por título DISEÑO CON CIMBRAS PARA MEJORAR EL SOSTENIMIENTO EN LA RAMPA (·) 759 CORPORACIÓN MINERA CASTROVIRREYNA S.A. cuyo objetivo fue el mejoramiento del sostenimiento de la rampa 759 mediante la evaluación del diseño con cimbras y como conclusiones dice:

Se empleo la metodología Cemal Biron, para optimizar el sostenimiento con cimbras se realizó un proceso secuencial como la identificación de los factores influyentes, evaluación y selección de las cimbras, se seleccionó la cimbra 6H20 para la zona A, cimbras 4H13 zona Pasteur, establecer estándares de cimbras a usar de acuerdo a los factores que intervienen en la instalación de las cimbras

Se estableció las convergencias de las cimbras para determinar la duración de la vida operativa de las cimbras además de evaluar las acciones de control mediante su efectividad.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Concepto de cimbras

Son estructuras metálicas en forma de arcos, se las conoce también como cerchas. Ofrecen un mecanismo de resistencia pasivo que permite sostener esfuerzo y cargas de manera directa, aunque la estructura no interactúa con la pared de rocas, a diferencia del mecanismo de pernos en el cual el sostenimiento se realiza desde el interior de la pared de rocas.

Esta técnica ofrece una eficiencia alta frente a cargas pesadas aun cuando se produzcan deformaciones considerables.

Su eficiencia operativa se consigue al disponer de este mecanismo en un constante continuo con la pared de rocas, de lo contrario pueden presentar torceduras que le restan eficiencia al mecanismo.

(SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

2.2.2. Perfiles de las cimbras

Son las secciones con las que se construye el mecanismo de las cimbras, su forma está sujeta a las condiciones operativas de las labores de las excavaciones, en ese sentido podemos encontrar disposiciones de cimbras en forma de herraduras, baúles o circulares, en este caso se recomienda que sean de alma llena.

2.2.3. Tipos de cimbras

Para las operaciones mineras se disponen de cimbras con 2 tipos específicos:

Cimbras rígidas

Cimbras deslizantes o fluyentes

2.2.4. Cimbras rígidas

En este mecanismo es común usar perfiles con formas de W, H, e I, en general se conforman de entre 2 o 3 secciones que pueden acoplarse mediante platinas o por pernos con tuerca (Universidad Politécnica de Madrid, 2020)

Componentes y calidades

Por el tamaño de las aberturas en minería es usual usar cimbras rígidas de los siguientes tipos:

Tabla 1 *Cimbras rígidas*

CIMBRAS RIGIDAS		
TIPO	Nº DE PIEZAS	MEDIDAS
6H20	2	3.25 x 3.2
6H20	2	3.0 x 3.2
4H13	2	3.0 x 3.2

Las cimbras de patín ancho 4W13 perfiles “Wide flange” o perfil “W” de 4”x 4” y 13 lb/pie, con un espaciamiento de 0.5 a 1m, que se usan en cimbras

ligeras para excavaciones de 3 m de sección abierta. Este mecanismo en casos de que el terreno ofrezca una presión de nivel alto puede elaborarse completamente de una sola sección, de acuerdo a las condiciones que presente el terreno se puede usar solera invert entre las patas.

Si el alto nivel de la presión del terreno sobrepasa la resistencia de las cimbras se deben usar un tipo de cimbras 6W20. Este modelo está indicado en excavaciones con secciones abiertas que pueden alcanzar los 5 metros. (Universidad Politécnica de Madrid , 2020)

Figura 1 *Grafica del sostenimiento con cimbras regidas*

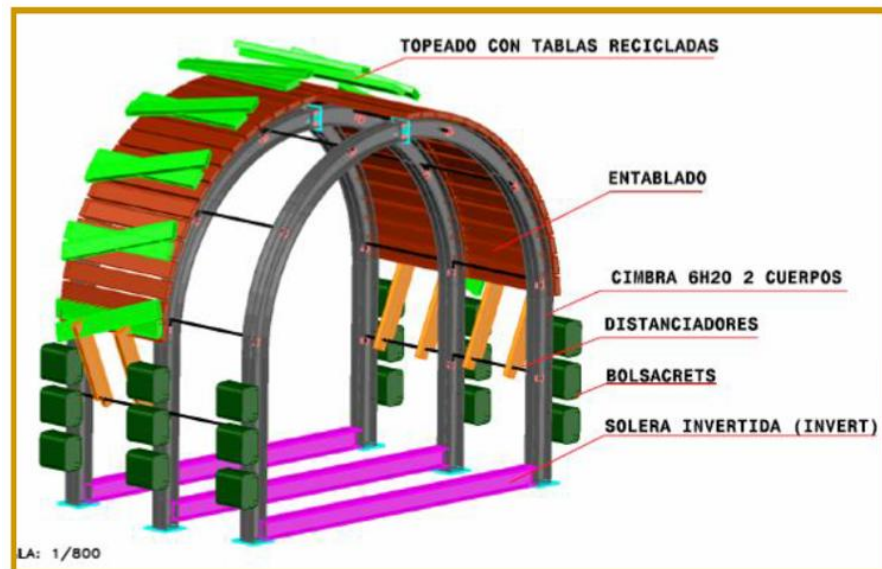


Figura 2 *Sostenimiento con cimbras rígidas*



2.2.5. Cimbras Cedentes

En este caso el mecanismo debe usar perfiles en forma de V y U y necesariamente deben conformarse por entre 2 y 3 segmentos que puedan deslizarse entre sí. Para ellos se debe sujetarlos y ajustarlos con uniones de tornillos. (Universidad Politecnica de Madrid , 2020)

Componentes y calidades

Normalmente u arco cedente se compondrá de 2 o 3 secciones. En el primer caso ambas secciones deben poder deslizarse una en relación a la otra. En el segundo caso se componen de dos secciones laterales y una superior en la que esta debe poder deslizarse entre los laterales.

Para aminorar los esfuerzos entre las secciones del mecanismo y poder reducir o eliminar las deformaciones se deben aflojar los elementos tensores cada dos semanas de manera que los arcos puedan deslizarse y converjan. (Universidad Politecnica de Madrid , 2020)

De acuerdo a las dimensiones de las excavaciones en las minas se deben utilizar las cimbras siguientes:

Tabla 2 *Cimbras cedentes*

CIMBRAS CEDENTES		
TIPO	Nº DE PIEZAS	DIMENSIONES
THN-21	2	3.00 x 3.2
THN-2O	2	3.00 x 3.2

Figura 3 *Grafica de sostenimiento con cimbras deslizantes*

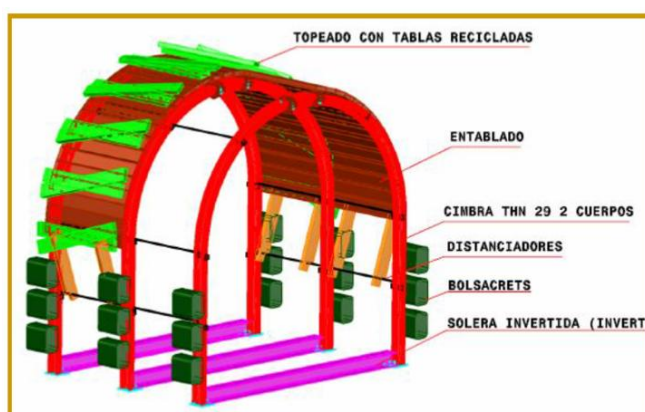


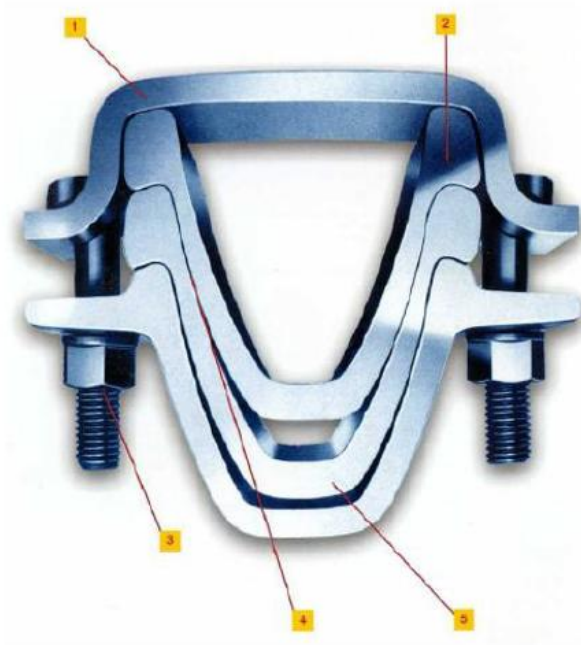
Figura 4 *Sostenimiento con cimbras deslizantes*



2.2.6. Sección de cimbras deslizante omega

La figura muestra el corte de la sección de una cimbra deslizante mostrando algunas características

Figura 5 Corte de una sección de cimbra deslizante

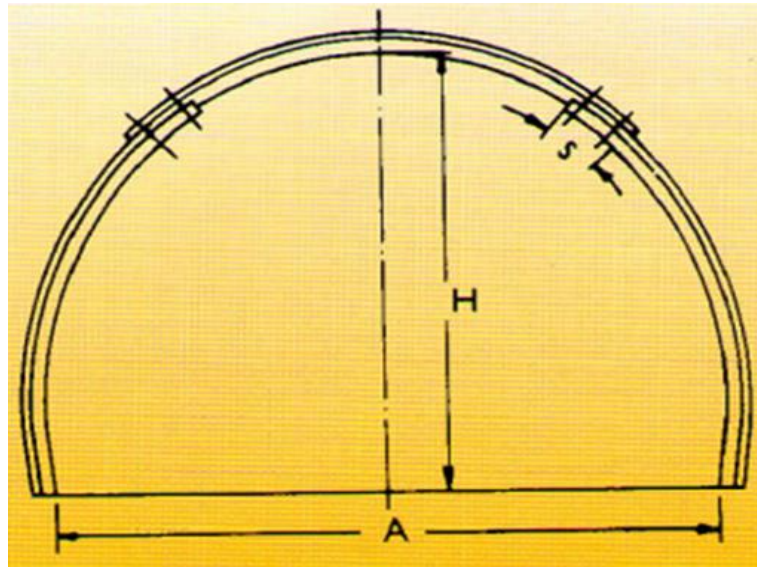


- 1) Esta sección abraza los perfiles, ofrece resistencia ante la flexión.
- 2) Perfil omega.
- 3) Tornillos, ajustados correctamente ofrecen una resistencia eficiente a los deslizamientos.
- 4) El rozamiento entre perfiles y entre perfiles y grapas.
- 5) Características estáticas y equilibrado:
 - Resistencia al pandeo.
 - Resistencia a la deformación en la zona plástica.

Cuadros en perfil Ω simétricos, deslizantes, en tres elementos.

La figura nos muestra este tipo de cimbras simétricos, deslizantes con tres elementos

Figura 6 Cuadros en perfil Ω simétricos, deslizantes, en tres elementos

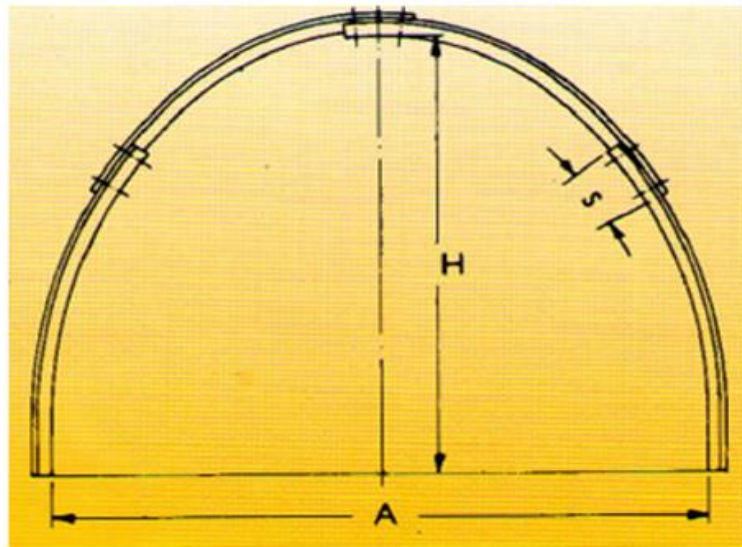


Normas de ejecución

1. Con secciones ojivadas para apoyo: si el nivel de presión desde la parte lateral es elevado,
2. Con secciones extendidas de apoyo: para superficies con hinchamientos importantes.
3. Apuntado: cuando predomine el empuje desde el techo.
4. Redondo: cuando existan presiones desde distintas direcciones, que no puedan ser previamente definidas.

Cuadros deslizantes en perfil Q para galería, en cuatro partes

Figura 7 Cuadros deslizantes en perfil Q para galería, en cuatro partes



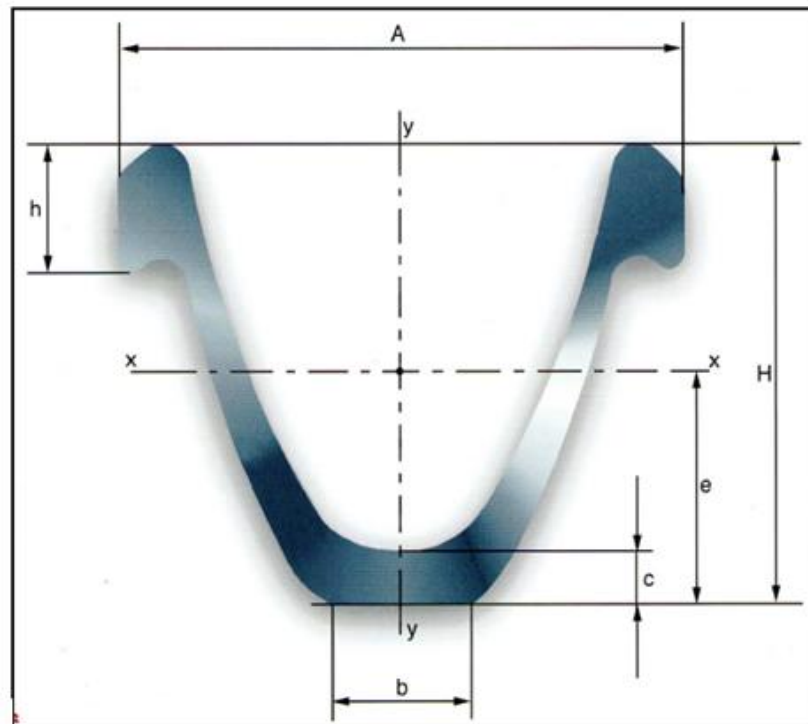
Este tipo de encuadre puede ser aplicado universalmente debido a que cumple su objetivo a pesar de no encontrar condiciones favorables relacionadas a la inclinación y convergencia.

Además, ofrece adaptarse más eficientemente al empuje del terreno al conservar la extensión original y modificar la geometría de sus cuadros,

En una disposición normal esta configuración abarca 4 secciones de extensiones iguales. Además, estos segmentos tendrán una longitud más corta al estar divididos en 4 partes los cuadros, esta característica facilita su transporte y su instalación.

Tipos de perfiles Ω N

Figura 8 Tipos de perfiles ΩN



Datos técnicos

Tabla 3 Datos técnicos de perfiles ΩN

		$\Omega N-16,5$	$\Omega N-21$	$\Omega N-29$	$\Omega N-36$
Peso Weight Poids	P (Kg/m)	16,5	21	29	36
Sección Area Section	S (cm ²)	21	27	37	46
Dimensiones Dimensions Dimensions	A (mm)	106	127	150	171
	b (mm)	31	35	44	51
	H (mm)	90	108	124	138
	h (mm)	26	30	31	35,5
	e (mm)	44	54	58	67
	c (mm)	13	12	16	17
Características Properties Caractéristiques	Ixx (cm ⁴)	186	341	616	969
	Wxx (cm ³)	40	61	94	136
	Iyy (cm ⁴)	223	398	775	1265
	Wyy (cm ³)	42	64	103	148
Radio mínimo de curvado Minimum blanding radius Rayon minimum de la courbe	R (m)	0,9	1,1	1,2	1,6

2.2.7. Uniones

a. Uniones tipo G para ΩN

Figura 9 Uniones tipo G para ΩN

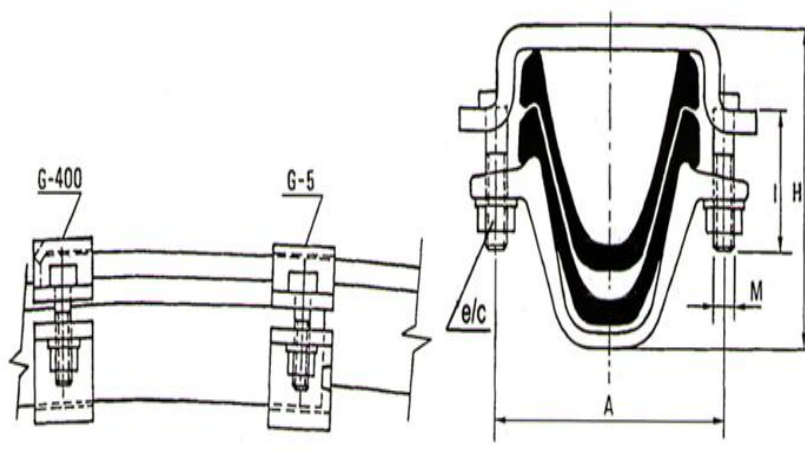


Tabla 4 Datos técnicos Uniones tipo G para ΩN

		$\Omega N-21$	$\Omega N-29$	$\Omega N-36$
Peso de la grapa G-400 ó G-5 Weight of G-400 or G-5 Poids de l'assamblage	(Kg.)	4,17	8,8	10
Par de apriete Tightening couple Couple de serrage	(m.kg.)	25-30	35-40	40-45
Dimensiones Dimensions Dimensions	A (mm.)	155	186	212
	H (mm.)	160	185	205
	e/c (mm.)	26	32	32
	M	M-20	M-24	M-24
	I (mm.)	90	90	90

DATOS TECNICOS		N - 16.5	N - 21	N - 29	N - 36
Peso de la grapa G - 400 o G - 5	Kg.		4.17	8.8	10
Par de apriete	Kg.m		25 - 30	35 - 40	40 - 45
Dimensiones	A (mm)		155	186	212
	H(mm)		160	185	205
	e/c (mm)		26	32	32
	M		M - 20	M - 24	M - 24
	L (mm)		90	90	90

Este tipo de uniones utilizadas en perfiles Q N funcionan como mecanismo de fijación o grapas, presentan un aspecto de cajón que dispone de

grandes superficies de apoyo sobre los puntos de deslizamiento. Estas secciones son las que deben impedir que las grapas giren.

La serie G debe contar al menos con dos grapas una principal y otra guía. Además, se puede instalar adicionalmente otra grapa suplementaria o guía de modelo G-40 para reforzar.

Los tipos de uniones se codifican usando los números de clave que individualmente lleva cada una de las grapas.

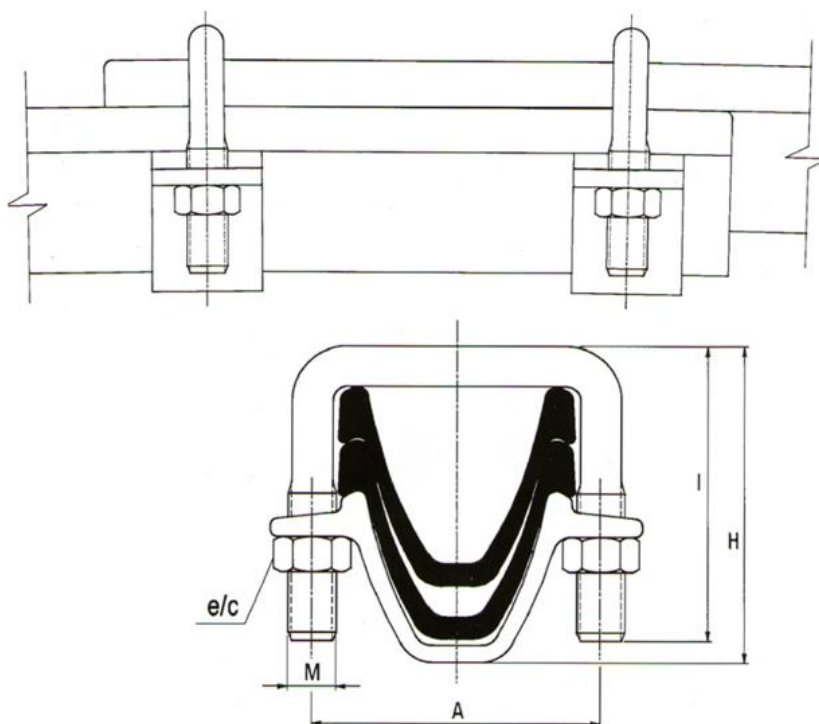
Los números de las claves de las grapas se suman y se añade la identificación mediante la letra "G", de esta manera se identifica cada unión, de la siguiente manera:

$$G-405 = G-400 + G-5$$

El nivel mínimo del solapado de los perfiles es de 400-500 mm.

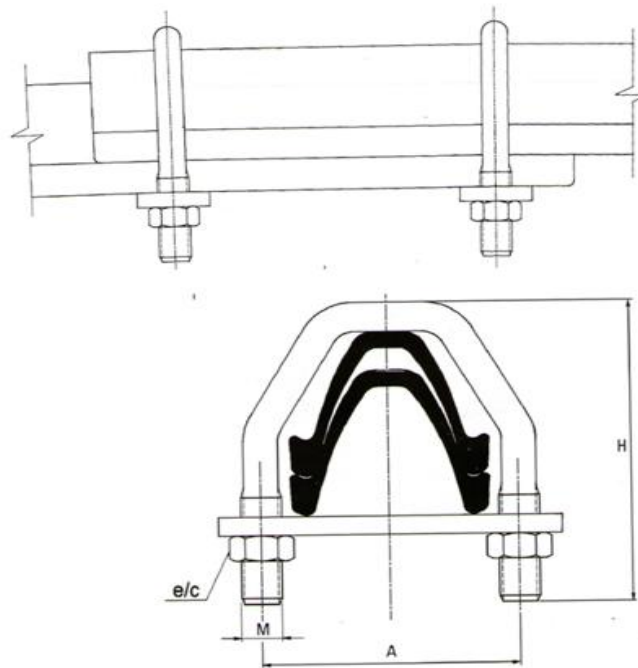
b. Uniones tipo “abacon” para perfil Ω N

Figura 10 Uniones tipo “abacon” para perfil Ω N



c. Uniones Tipo “AUXI” Para Perfil Ω N invertido

Figura 11 Uniones Tipo “AUXI” Para Perfil Ω N invertido



d. Uniones para perfiles Ω 18

Figura 12 Uniones para perfiles Ω 18

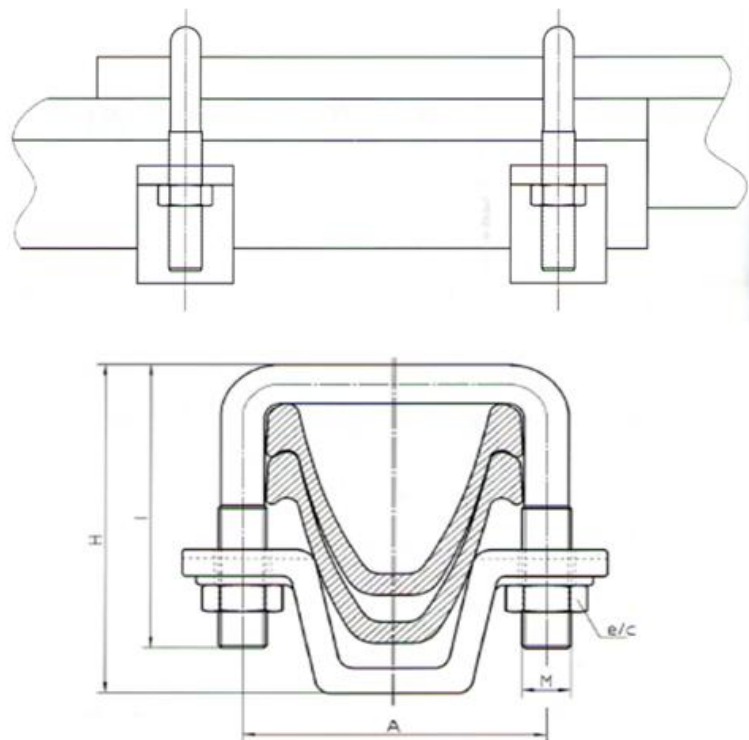


Tabla 5 Dimensiones de las grapas de la cimbra T_H(omega)

		$\Omega N-16,5$	$\Omega N-21$
Peso de la grapa <i>Weight</i> Poids	(Kg.)	2,65	3,02
Dimensiones <i>Dimensions</i> Dimensions	A (mm.)	145	155
	I (mm.)	156	176
	e/c (mm.)	30	36
	M (mm.)	24	24
	H (mm.)	155	185

2.2.8. Instalación de cuadros metálicos

Los soportes deben ser instalados inmediatamente, debido a que la presión sobre el techo aumenta drásticamente con el paso del tiempo; el procedimiento que se sigue es el siguiente:

a. Montaje del cuadro metálico

El cuadro más común para las tres partes: Una trabanca y dos postes. La trabanca debe ser encajada en los postes para ello las grapas aseguran la unión. Cuando el terreno ejerce una presión determinada sobre los cuadros el solape del perfil en la trabanca puede deslizarse en los perfiles de los postes. Antes de colocar un cuadro metálico debe comprobarse que la sección de la galería está de acuerdo con las dimensiones que se indican en el plano.

Los trabajos de colocación de cuadros metálicos comenzarán con la colocación de las trabancas para proteger al personal que se dedica a cargar el escombros en el corte.

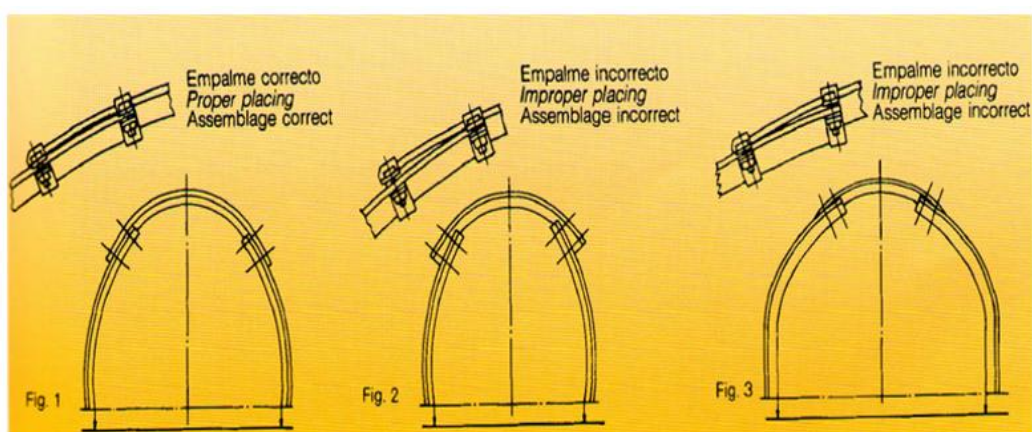
Una vez desescombrado se montan los postes, realizando anteriormente una buena balsa donde se colocan los pies de los mismos. Generalmente se monta la trabanca por encima de los postes.

Para secciones de galerías superiores a 10 m.2, ya es necesaria la utilización de un andamio para la colocación del cuadro metálico, para la colocación de los tresillones, y para los trabajos de relleno con piedras.

Se debe garantizar una orientación paralela y superpuesta de los perfiles en el solape para asegurar su deslizamiento, de esta manera se evitará posibles roturas o deformaciones ineficientes de los perfiles,

Los perfiles que se encuentren falsamente encajados no se grapan. A continuación, se muestran ilustraciones la disposición correcta de los empalmes y las incorrectas.

Figura 13 *Empalmes de cimbras parte 1*



El colchón de piedra de rellenos es por piquetes de madera, y por la parrilla.

En resumen, se dice que un cuadro está bien montado cuando se cumplen todas las condiciones siguientes:

Cuadro montado en el plano perpendicular al eje de la galería.

Solape en sus uniones adecuado que marca el plano.

Buen embalsamiento de postes.

Apriete de tuercas adecuado.

Tresillonado en todos los tramos del cuadro

Empaquetado y guarnecido adecuado.

Al solicitar cuadros metálicos, es necesario que nos envíen el croquis detallado de la galería, en el que aparezca la inclinación de los estratos y dirección de los empujes.

Ampliando la información, con datos sobre la clase de roca, y método de explotación o avance, etc., para poder así aconsejar el tipo de cuadro, y peso del perfil más adecuado.

Para el paralelismo, se debe considerar lo siguiente:

Si los perfiles superpuestos son paralelos, se garantiza el deslizamiento, de esta manera se adecuan las dimensiones del cuadro (figura 1).

Una orientación de los perfiles no paralela puede ocasionar que la boca del cuadro se abra hacia dentro o a fuera.

Cuando los perfiles se encuentran paralelos presentan un menor distanciamiento entre los pies de los cuadros (Figura 2). En cambio, si los perfiles no están paralelos presentaran un distanciamiento mayor entre los pies de los cuadros (Figura 3).

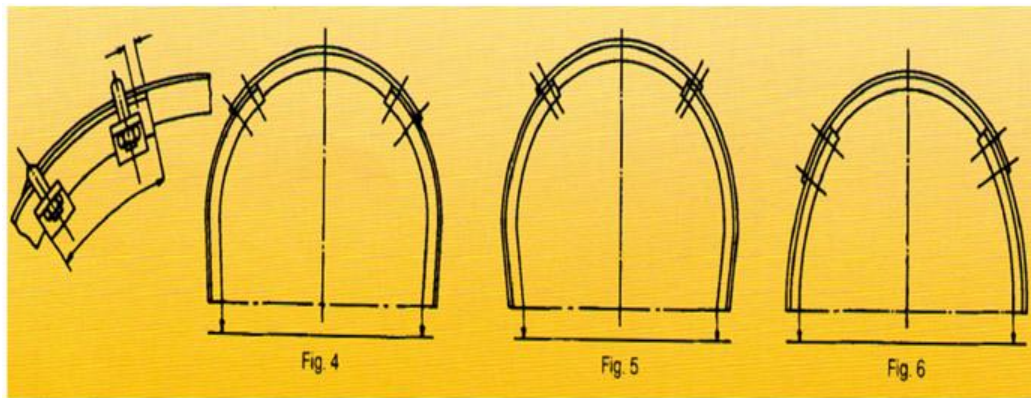
En el caso de la superposición, se debe considerar lo siguiente:

Se debe asegurar la superposición de longitud que los planos indiquen, de esta manera al colocar los cuadros se alcanzaran las dimensiones proyectadas (Figura 4).

En el caso de que superposición no alcance las medidas necesarias, los pies presentaran un distanciamiento por debajo de los previsto (Figura 5).

En cambio, si la superposición excede las medidas necesarias, los pies presentaran un distanciamiento por encima de los previsto (Figura 6).

Figura 14 *Empalme de cimbras parte 2*



Al colocar las dimensiones de los cuadros correctamente las grapas deben atornillarse fuertemente.

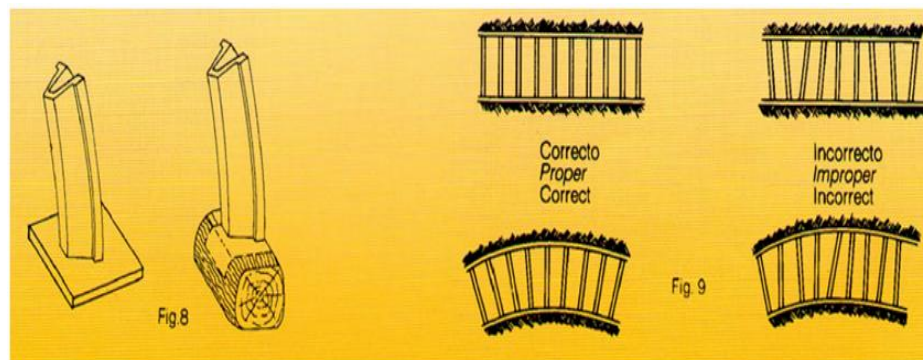
Para hacer el apretado de las tuercas de las grapas, debe emplearse una llave de tubo de longitud suficiente, con una barra pasante perpendicular al eje del mismo. Existen en el mercado apretadoras neumáticas que junto a una "pipa" adecuada facilitan y aseguran un correcto apretado. Cuando los cuadros comienzan a recibir la presión de los hastiales se puede comprobar en el empiquetado o forrado, por el aplastamiento que presenta, y haya deslizado por primera vez, deben de reapretarse todas las tuercas.

Para prever la penetración de los cuadros en el muro de la capa o en el piso de la galería ha de tenerse en cuenta la resistencia a compresión de la roca del muro y la carga del cuadro metálico. (Las pizarras resisten cargas de 300 a 800 Kg./m² y las areniscas de 600 a 1.300 Kg.m²). En el caso de muro blando, o piso de la galería blando, ha de interponerse una solera que reparta la carga. Siendo suficiente, a veces, un recorte de madera preparado adecuadamente colocado en los pies de los postes (Figura 8), o una placa de acero empotrable.

La resistencia al deslizamiento no debe sobrepasar a la resistencia a la penetración de los pies de los postes en el piso de la galería, ni a la resistencia a

la deformación del cuadro. Los cuadros metálicos requieren el mismo esmero en su colocación que los cuadros de madera, es decir, aplome, acúñe conveniente contra los hastiales, perpendicularidad al eje de la galería, y ajuste perfecto de las partes del cuadro (figura 9). Como norma general, la máxima separación que debe haber entre centro y centro de cuadros, será de 1 metro.

Figura 15 Colocación de solera y ajuste perfecto de las partes del cuadro



2.2.9. Tresillado del cuadro

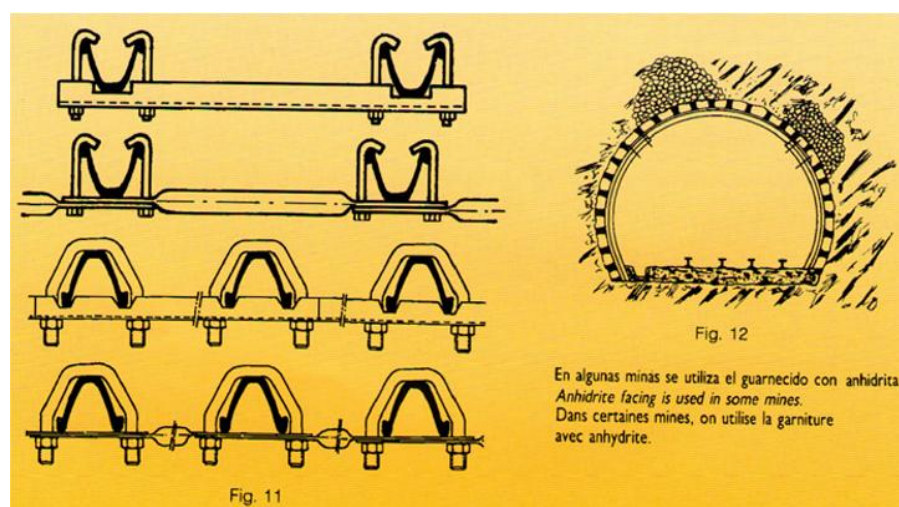
El trabajo correcto de los cuadros deslizantes Q depende no solamente del cuadro, sino de otros dos factores muy importantes como son el arriostramiento entre los cuadros y el guarnecido (emparrillado, empiquetado, y relleno con escombros). Si el guarnecido no está correctamente realizado y se dejan huecos importantes, el cuadro se deformará hacia el hueco, es decir, hacia donde no se ejerce reacción contra él.

Los cuadros alcanzan un alto nivel de resistencia estructural mediante un eficiente arriostramiento mediante los tresillosnes, de esta manera se asegura un reparto uniforme de los esfuerzos. De acuerdo al tiempo de duración de las galerías, y la consideración de las presiones se recomienda diferentes tipos de tresillones que a continuación se muestran (Figura 11).

En términos generales las recomendaciones indican utilizar 5 tresillones en cada cuadro, con la siguiente disposición: dos de ellos deben estar ubicados en

los extremos de la galería, dejando 50 cm. desde el suelo; uno adicional en la clave, y los últimos a cada lado a una distancia equidistante de los anteriores. Además, su ubicación no debe interferir con el funcionamiento de las grapas para no dificulten con el deslizamiento normal de los cuadros. Por ningún motivo se deben ubicar tresillones sobre las grapas de los cuadros.

Figura 16 *Tipos de tresillones*



Los tresillones resisten y transmiten los empujes del terreno paralelos a la dirección de la galería y los ocasionados por el disparo de la pega. Es importante que los tresillones colocados en los distintos cuadros metálicos lo estén a igual altura, para impedir que el perfil Q aguante un esfuerzo de tipo flexión y torsión. Recomendamos la utilización de tresillones metálicos, por estar capacitados para soportar esfuerzos de tracción, lo que no ocurre con los de madera.

2.2.10. Empiquetado y guarnecido del cuadro

Consiste en el rellenar con material orgánico como madera, o inerte como piedras de la sección de galería que queda entre el cuadro y la excavación.

El empiquetado, espesor y número de los piquetes, depende del tipo de perfil empleado, de las presiones que deben esperarse y de la naturaleza de los hastiales.

Cuando la galería, o túnel, lo requiera se pueden colocar parrillas. En los lugares, tales como cocheras, salas interiores de máquinas, salas de cargue de baterías, etc., en los que se quiera evitar la caída de partículas del techo de la galería sobre los equipos, pueden utilizarse chapas de revestimiento. La sección de galería, debe tener una forma aproximada al cuadro que haya de colocarse, dejando el espacio suficiente para el empquetado (aproximadamente 20-30 cm.).

Deben rellenarse con piedras, procedentes de la pega, dispuestas adecuadamente en todos los agujeros huecos que queden en la parte posterior de los cuadros. La eficiencia de los cuadros se incrementa cuando se cuenta con un relleno correctamente ejecutado (Figura 12). Con el relleno de piedras se consigue un buen contacto entre el cuadro y el terreno, consiguiéndose una repartición uniforme de la carga sobre el cuadro.

2.3. Definición de términos Básicos

Perfil del acero:

Las vigas de acero en sus secciones transversales presentan formas claramente definidas, entre ellas podemos distinguir los perfiles en forma de “H” y omega. (OSINERGMIN,, 2017)

Marchavantes:

Son secciones que pueden tener hasta 3 metros de extensión con una punta en su extremo, se usa para poder poner control en los posibles de las secciones de techo en las labores de avance, necesariamente deben ser instaladas antes de que el sostenimiento sea colocado. (LOPEZ JIMENO, Manual de Tuneles y Obras subterranas, 2008)

Invert:

Mecanismo que se usa para incrementar el nivel de resistencia que pueden ofrecer las cimbras frente a las presiones que se originan en las secciones laterales. (CARDENAS , 2019)

Cáncamos:

Estacas de distintos materiales como madera, acero o fierro, que son usado para anclar o de punto de apoyo al interior de un taladro de 2 pies. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Encostillado de madera:

Entablillado que se ubica en los laterales de las cimbras para poder realizar el control de los desplomes de rocas en la pared de las labores. (ESTRELLA, 2015)

Tirantes o distanciadores:

Sección corrugada de un metro de extensión y con diámetro de $\frac{3}{4}$ de fierro, se usa para separar en espacios iguales y realizar la unión de las cimbras adyacentes. (CARDENAS , 2019)

Topeado de cimbras:

Es el mecanismo que se usa en las excavaciones para rellenar el vacío generado entre el entablado de las cimbras y la pared. Con la finalidad llenar el espacio existente y se logre apretar la pared y las tablas. (MONTALVO, 2019)

Convergencia:

En las excavaciones se produce este fenómeno debido a la presión existente desde distintos puntos de la galería que origina que esta se cierre sobre sí misma. (NUÑEZ)

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Una buena instalación o comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW que nos permitirán tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada.

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica a

Contando con una metodología de diseño del sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras), en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW permitirá tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada...

Hipótesis específica b

La Determinación de la convergencia del comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW permitirá tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada.

Hipótesis específica c

Controlando los factores tal como el agua subterránea, el método de minado, calidad de roca, en el sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW permitirá tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

- comportamiento de los cuadros metálicos.
- Decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos.

2.5.2. Variables para la hipótesis específicas

- Metodología de diseño del sostenimiento.
- Decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos.

Variables para la hipótesis específica b

- Convergencia de los cuadros metálicos.
- Decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos.

Variables para la hipótesis específica c

- Agua subterránea, metodo de minado, calidad de roca.
- Decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Al enmarcar la presente propuesta de tesis dentro de una aproximación de tipo científico desde distintos puntos de análisis es posible abordar una problemática específica del campo minero como lo es el comportamiento de los cuadros metálicos o cimbras en las labores de sostenimiento. Aun así, los resultados que obtengamos de esta problemática nos podrán parecer distintos si realizamos su aplicación en otras circunstancias o desde otras especialidades.

Este contraste demuestra que nuestra actitud científica puede ser enfocada desde una perspectiva distinta de la cual inicialmente la planteamos. En esas circunstancias deberemos considerar un juicio o una evaluación distinta a nuestra manera de abordar el problema inicialmente.

Esta situación argumentativa nos muestra que la labor científica puede resultar compleja si se la emprende desde un punto de vista restringido. Es por ello que en la siguiente investigación debemos ocupar el lugar del investigador científico más cercano al área del desarrollo de nuestro tema, es decir al área minera y sus necesidades específicas.

En ese sentido para abordar la problemática específica que nos presenta la actividad minera tenemos de nuestro lado, como la herramienta más eficiente a nuestros fines académicos y empresariales, al quehacer científico, aunque siempre debemos ser conscientes de que existen distintos modos para aproximarnos a una problemática y cada uno de ellos pueden ser legítimos y mostrar resultados efectivos y satisfactorios para determinados requerimientos.

A partir de esta compleja estructuración de los saberes y los puntos de vista debemos ser conscientes de que el camino científico no es el único que nos ayudará a entender los fenómenos del mundo, sin embargo, este camino nos puede ofrecer métodos para corroborar y validar nuestras evidencias y sobre todo pensar nuestro lugar dentro de la problemática específica.

Es por ello que el método científico cobra importancia vital para este tipo de investigaciones debido a que nos permite ubicarnos por encima de nuestros juicios personales e incluso sociales y culturales para poder establecer conocimientos o principios argumentativos que puedan apoyar juicios ser

aceptados por su carácter neutral y abstracto que además respondan directamente a las cuestiones que una problemática específica plantea.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Referente al tipo de investigación que se llevará a cabo será de tipo APLICADA debido a que veremos la implementación del uso de las cimbras en cuanto a su comportamiento, metodología de diseño, su convergencia y factores que inciden en la vida de las cimbras (BERNAL, 2010)

3.2. Nivel de investigación

En relación a este punto desarrollaremos un nivel de investigación de perfil descriptivo y explicativo porque en base a los datos que recogemos y a las observaciones que realizamos obtendremos los resultados que plantean los objetivos (BERNAL, 2010)

3.3. Métodos de investigación

Emplearemos la metodología de investigación científica debido a que nos basaremos en la estructura que plantea este método específicamente, además nos apoyaremos en análisis inductivos y deductivos propios de este tipo de trabajos. (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

3.4. Diseño de investigación

Para desarrollar nuestra propuesta nos apoyaremos en el diseño no experimental debido a que nos basaremos en la observación, documentos que obran en la mina referentes al sostenimiento con cimbras (Badajoz, 2020)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Este grupo está constituido por todas las labores donde se realizan sostenimiento con cimbras como rampas, galerías, cruceros, frentes de la Minera Ares unidad Inmaculada (SUPO, CAVERO, 2014)

3.5.2. Muestra

Se determino la muestra las labores donde se tiene problemas de sostenimiento con cimbras, las labores acceso a crucero AC 383491 – Nv 4360 – 4375/ veta 05 SW.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Específicamente usaremos las que a continuación detallamos:

3.6.1. Técnicas

Usaremos las técnicas de:

Observación directa

Análisis documental de información.

3.6.2. Instrumentos

Tenemos:

Guía de observación

Ficha de registro

Documentos escritos

Documento estadístico

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

En la investigación titulada "Efecto de la caracterización geometalúrgica del mineral blending (veta Pozo y Llacsacocha) para la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn en Pan American Silver Pasco – 2024", la selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación son aspectos clave para asegurar la integridad y precisión de los resultados obtenidos.

Selección de Instrumentos

La selección de los instrumentos se basó en las necesidades específicas del proceso de investigación y en los estándares establecidos por la industria metalúrgica. Los instrumentos seleccionados cumplen con los siguientes criterios:

Relevancia para las Pruebas Metalúrgicas: Se eligieron equipos como molinos de bolas, celdas de flotación de laboratorio, espectrómetros de absorción atómica (AAS) y espectroscopios de rayos X (XRF) por su capacidad de medir de manera precisa la concentración de Ag, Cu, Pb y Zn en las muestras.

Certificación y Estándares de Calidad: Los equipos utilizados fueron certificados por empresas proveedoras de reconocido prestigio, lo cual asegura que cumplen con los más altos estándares de calidad y precisión. Esto incluye la calibración y verificación de los equipos antes de su uso en cada fase experimental.

Adecuación a las Condiciones de Laboratorio: Los instrumentos seleccionados fueron adaptados específicamente para realizar pruebas en condiciones controladas dentro de los laboratorios de Pan American Silver Huaron, lo que garantizó que fueran adecuados para el análisis de minerales de las vetas Pozo y Llacsacocha.

Validación de Instrumentos

Para garantizar la validez de los datos recopilados, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

Calibración de Equipos: Todos los equipos de medición, como los espectrómetros y balances analíticos, fueron calibrados antes de cada uso mediante patrones de referencia reconocidos internacionalmente. Esto aseguró que las mediciones de la concentración de los metales fueran precisas y consistentes.

Ensayos Preliminares: Se realizaron ensayos preliminares con muestras estandarizadas de minerales conocidos para verificar la capacidad de los equipos de medir con precisión los valores esperados. Estos ensayos permitieron ajustar los parámetros de operación y corregir cualquier desviación detectada antes de comenzar con las pruebas experimentales definitivas.

Procedimientos Estándar de Operación (SOPs): Cada instrumento fue operado siguiendo procedimientos estandarizados validados por la industria, lo que redujo la posibilidad de errores humanos y garantizó que los datos fueran comparables y repetibles.

Confiabilidad de los Instrumentos

La confiabilidad de los instrumentos se aseguró mediante:

Mantenimiento Preventivo y Correctivo: Los equipos utilizados fueron sometidos a mantenimiento regular según los manuales de operación proporcionados por los fabricantes. Esto incluyó tanto mantenimiento preventivo como correctivo para asegurar su correcto funcionamiento durante toda la investigación.

Control de Calidad en el Tratamiento de Muestras: Las muestras fueron manejadas con extremo cuidado, respetando protocolos estrictos de limpieza y preparación, para evitar cualquier contaminación cruzada que pudiera afectar los resultados.

Replicabilidad de los Experimentos: Cada prueba metalúrgica fue replicada bajo las mismas condiciones experimentales, asegurando que los resultados fueran consistentes a lo largo de diferentes series de pruebas. La consistencia en los resultados obtenidos permitió verificar la confiabilidad de los instrumentos y de los datos recopilados.

Verificación Externa: Como parte del proceso de confiabilidad, los resultados obtenidos en los laboratorios fueron comparados con análisis externos realizados por laboratorios certificados independientes, asegurando la concordancia de los datos.

En conjunto, estas medidas garantizaron que los instrumentos utilizados en la investigación fueran precisos, válidos y confiables, proporcionando una base sólida para el análisis de la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn en los procesos de flotación y concentración del mineral blending proveniente de las vetas Pozo y Llacsacocha.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los distintos datos de campo recabados deberán ser sometidos a una evaluación y procesamiento de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación y poder sacar los resultados en cuanto a comportamiento, metodología, convergencia, factores que influyen en el uso de las cimbras. para lo cual emplearemos la estadística descriptiva, el programa Excel, el programa

Word para analizar la información y elaborar del informe final (SUPO, CAVERO, 2014)

3.9. Tratamiento Estadístico

En el desarrollo de los análisis estadísticos, fue crucial emplear modelos tabulares y gráficos para procesar los datos de una manera efectiva. Además, contar con software especializado como Minitab 19 y Ms-Excel 2019 resulta ser de gran ayuda. Sin embargo, es importante señalar que el simple uso de estas herramientas no garantiza la calidad de los análisis realizados si no la interpretación de los datos obtenidos.

En este sentido, el uso de medidas de tendencia central y dispersión como la media, mediana, moda, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación es esencial para resumir y analizar la distribución de datos en el conjunto de información.

Estas medidas brindan una idea general de cómo se distribuyen los datos y permiten identificar valores atípicos o extremos. Sin embargo, es fundamental recordar que estas medidas solo proporcionan una visión limitada de los datos y pueden resultar engañosas cuando se utilizan de manera aislada.

Estas herramientas son comúnmente utilizadas en estudios de investigación para evaluar la relación entre variables y obtener conclusiones estadísticas. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que estas herramientas tienen ciertas limitaciones y no pueden proporcionar una conclusión definitiva sobre la existencia o dirección de una relación. es crucial recordar que el análisis de datos va más allá de simplemente aplicar fórmulas y utilizar programas. Es necesario tener un enfoque crítico y comprender las limitaciones de las herramientas utilizadas. La interpretación de los resultados obtenidos y la

realización de conclusiones estadísticas requieren de un análisis cuidadoso y riguroso.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Se debe tener en consideración para desarrollar esta propuesta los principios de la veracidad, honestidad, responsabilidad en todo momento.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

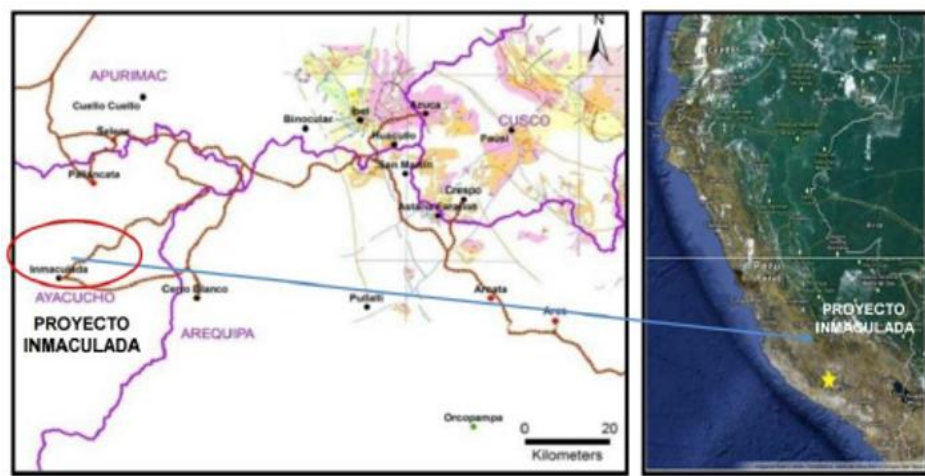
Generalidades de la mina

Ubicación de la mina

Estas operaciones están ubicadas en la localidad de Oyolo, provincia de Paucar en el departamento de Ayacucho. Sus actividades alcanzan una altitud de 5600 msnm. La responsabilidad operativa recae en Compañía Minera Ares S.A.C. del Grupo Hochschild” (Chura, 2018)

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Figura 17 *Ubicación del Yacimiento Inmaculada*



Acceso

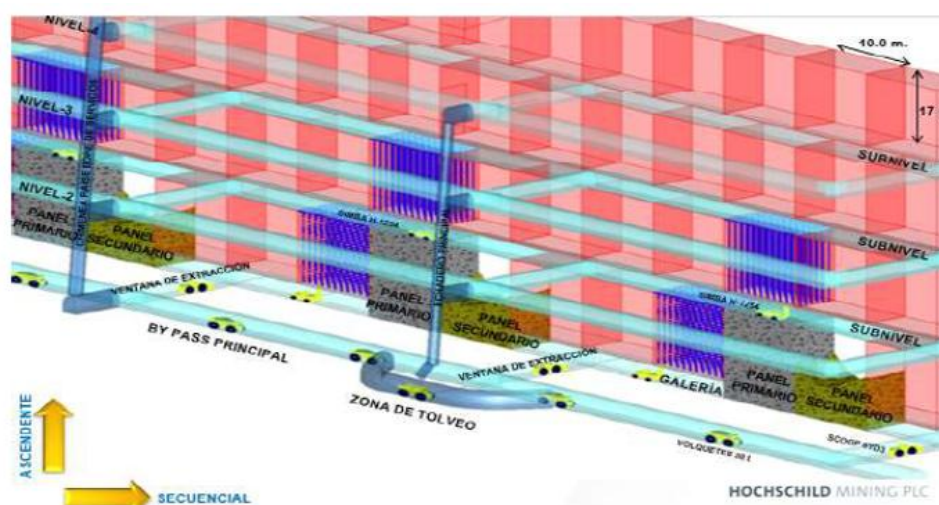
Para acceder a lugar de las operaciones actualmente existen 3 vías de acceso, desde las ciudades de Nazca, Cuzco y Arequipa. Si el viaje se realizara desde la ciudad de Lima, primero se debe llegar una de estas ciudades mencionadas. A continuación, se presenta el detalle de cada uno de estas vías: (Chura, 2018)

Tabla 5 Accesibilidad del yacimiento

De	A	Tipo de vía	Tiempo (Horas)	Distancia (km)
Desde Lima al proyecto				
Lima	Nazca	Asfaltada	6	460
Nazca	Puquia	Asfaltada	4	155
Puquio	Iscahuaca	Asfaltada	3	142
Iscahuaca	Inmaculada	Vía afirmada	4.45	141
Desde Cuzco al proyecto				
Lima	Cuzco	Vía aérea	1.5	590
Cuzco	Abancay	Asfaltada	4	195
Abancay	Chalhuanca	Asfaltada	3	120
Chalhuanca	Iscahuaca	Asfaltada	0.5	43
Iscahuaca	Proyecto	Vía afirmada	4.45	141
Desde Arequipa al proyecto				
Arequipa	Aplao	Asfaltado	3	180
Aplao	Chuquibamba	Asfaltado	0.75	51
Chuquibamba	Cotahuasi	Vía afirmada	4	130
Cotahuasi	Proyecto	Vía afirmada	4.5	110

Método de explotación

Figura 18 “Método de explotación en la mina”



La estrategia de minado elegida en estas operaciones se pueden entender de la siguiente manera:

“Metodológicamente, el sublevel stoping consiste en realizar las excavaciones en forma vertical mediante tajadas, es decir con cada extracción de mineral debe dejarse un caseron libre, normalmente el tamaño de este debe ser grande, sobre todo en el sentido de orientación vertical de las tajadas.

Para recolectar el material extraído se deben disponer de zanjias o embudos ubicados en la parte inferior del caserón, A partir de la que se puede retirar usando distintos métodos.

Se denomina “sublevel” a la disposición de los subniveles o las galerías desde las que se comienza a realizar las operaciones de extracción del mineral autosoportante” (Castillo, 2015, pág. 2).

Figura 19 *Gráfico del método Sublevel Stopping*



4.2.1. Metodología de diseño del sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras), en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW

Diseño de los arcos metálicos

Con el objetivo de estimar el máximo de carga que puede aguantar la estructura de cimbras se debe estimar el nivel de presión de las rocas circundantes en las labores. También se debe establecer los espaciamientos adecuados en cada una de las cimbras.

El diseño debe estar orientado al tipo específico de cimbra que se empleara de acuerdo a la evaluación geomecánica que llevara a cabo la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada:

1. Zona A: Roca masiva, ligeramente fisurado
2. Zona B: Roca medianamente fracturado, bloques algo abiertos
3. Zona C: Roca totalmente triturados, pero químicamente inalterados

En las operaciones actuales se usa la propuesta de Terzaghi (1946) para estimar los niveles de presión vertical del terreno, además de la formulación de Protodiakonov orientadas a establecer las presiones laterales., Amabas propuestas están consideradas las más adecuadas teniendo en cuenta las condiciones del terreno. Ahora bien, en esta investigación, se optará por la propuesta de Cemal Biron (1987), debido a que nos permite hacer la comparación entre los métodos que se adapten más adecuadamente a las condiciones que presenta el yacimiento que investigaremos.

Diseño mediante la metodología de Tarzaghi (1946)

Se trata de la primera propuesta para la evaluación de las cargas que las rocas pueden ejercer en las cimbras. Este método se basa en las experiencias

aplicadas a en operaciones para tunelar secciones en ferrocarriles en Estados Unidos.

Según esta propuesta la ingeniería de la obra debe concentrarse en los aspectos como los defectos en cuanto a frecuencia tipo del material rocoso a diferencia de la morfología del material que presentar las operaciones.

En ese sentido podemos realizar una categorización de las rocas en 9 grados de fracturación, como se muestra en la Tabla 7. Además, hay que considerar las estratificaciones según su disposición en relación al túnel, en la orientación del desprendimiento, de esta manera tenemos:

Estratificación Vertical, las condiciones que presente la sección del techo serán estables, el riesgo de caídas aparece cuando la altura alcanza la siguiente dimensión: $0.25 B$, donde el ancho de la galería está definido por: B .

Estratificación horizontal, la galería será estable, aun con pocas juntas, pero de gran potencia.

Estratificación horizontal, de pequeña potencia o con muchas juntas, debido a que no es posible ofrecer estabilidad, y por ello se presentan roturas en el techo, lo cual hace que se forme un arco sobre el túnel, con un ancho de la misma dimensión del túnel y una altura equivalente a la mitad del ancho. Estas condiciones se mantendrán hasta que se implemente un sostenimiento adecuado en la galería.

Ahora bien, teniendo en cuenta los siguientes parámetros se puede establecer la distribución de cargas que permitirán dimensionar el sostenimiento:

Presión uniforme vertical (sobre la bóveda)	$P_v = H_p \cdot P_e$
Presión uniforme horizontal (sobre las paredes)	$P_h = 0.3 P_v$
Presión uniforme sobre la solera (si hubiera)	$P_s = 0.5 P_v$

Los parámetros de H_p se pueden encontrar en la tabla 7.

La propuesta de Terzaghi es considerada conservadora cuando el material rocoso presenta buena calidad y se aplica en túneles de dimensiones medianas, con máximo 8 metros de ancho.

No se recomienda su aplicación en superficies que presenten roca expansiva o con una fluides plástica.

Figura 20 Esquema ilustrativo de la metodología de Terzaghi

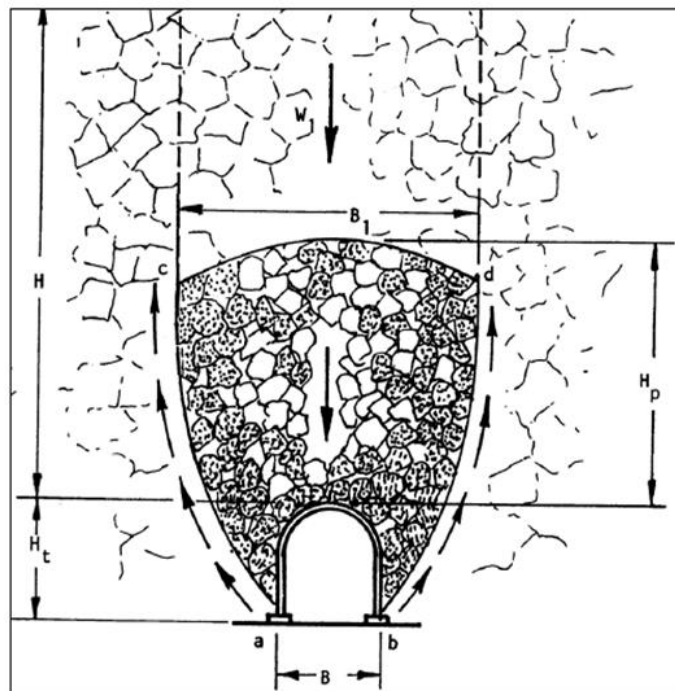


Tabla 6 Clasificación del macizo rocoso según el grado de fracturación

ESTADO DE LA ROCA	CARGA DE ROCA H_p (m)	OBSERVACIONES
1. DURA Y MASIVA	CERO	Sólo se necesita refuerzo escaso si hay desprendimiento o Chasquido
2.DURA PERO ESTRATIFICADA O ESQUISTOSA	0 a 0.5 B	Refuerzo escaso más que nada como protección contra desprendimientos
3.MASIVA, LIGERAMENTE FISURADA	0 a 0.25 B	La carga puede cambiar en forma errática de un punto a otro.
4.MEDIANAMENTE FRACTURADA BLOQUES ALGO ABIERTOS*	EN 0.25 B a 0.35 (B + H_t)	No hay presión lateral.
5.MUY FRACTURADA EN BLOQUES Y LAS FRACTURAS ABIERTAS*	(0.35 a 1.10) (B + H_t)	Poca o ninguna presión lateral.
6.TOTALMENTE TRITURADAS PERO QUIMICAMENTE INALTERADA*	1.10 (B + H_t)	Presiones laterales considerables. Los efectos de las infiltraciones hacia el piso del túnel requieren apoyo continuo para las partes bajas de los marcos o bien marco circulares.
7.ROCA COMPRIMIDA PROFUNDIDAD MODERADA	(1.10 a 2.20)(B + H_t)	Considerable presión lateral. Se requiere plantilla apuntalada. Es preferible usar marcos circulares.
8. ROCA COMPRIMIDA A GRAN PROFUNDIDAD	(2.10 a 4.50)(B + H_t)	
9. ROCA EXPANSIVA	Hasta 250 pies, independientemente del valor (B + H_t)	Marcos circulares indispensables. En casos extremos, <u>usese</u> refuerzo elástico

2.2 Según la clasificación de Terzaghi * Si el túnel está sobre el nivel freático, la carga puede ser reducida un 50 % para los tipos 4 - 6.

Determinación de la carga de roca

Las cimbras pueden soportar una carga de roca que se define de acuerdo

a cada zona geomecánica:

Estas se calculan por:

$$P_v = H_p \times P_e$$

P_e = Peso Específico (ton /m³)

H_p = Altura de carga (m)

Zona “A”:

En la que:

B = Ancho de la labor

H_t = Altura de la labor respectivamente

$$H_p = 0.25 \times 3.2 = 0.8 \text{ m}$$

$$P_e = 2,5 \text{ Ton/m}^3$$

$$P_v = 0.8 \times 2.5 = 2 \text{ Tn/m}^2$$

$$P_h = 0.3 \times 2 = 0.6 \text{ Tn/m}^2$$

Zona “B”:

$$H_p = 0.35 \times (3.2 + 3.2) = 2.24 \text{ m}$$

$$P_e = 2.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$P_v = 2.24 \times 2.5 = 5.6 \text{ Tn/m}^2$$

$$P_h = 0.3 \times 5.6 = 1.68 \text{ Tn/m}^2$$

Zona “C”:

$$H_p = 1.1 \times (3.2 + 3.2) = 7.0 \text{ m}$$

$$P_e = 2.5 \text{ Ton/m}^3$$

$$P_v = 7.0 \times 2.5 = 17.6 \text{ Tn/m}^2$$

$$P_h = 0.3 \times 17.6 = 5.28 \text{ Tn/m}^2$$

Diseño mediante la metodología de Protodyakonov (1976)

La aplicación de este método es muy común en operaciones mineras en Europa del este, normalmente se emplea para dimensionar sostenimientos de galerías. Junto con la clasificación de Deere se introdujo en Francia en 1976.

Por medio de este método se establece una clasificación de los terrenos con la asignación de un factor “f”, conocido como el coeficiente de resistencia, este coeficiente y dimensiones del túnel determinan el cálculo de las cargas que puedan dimensionar los sostenimientos.

Tabla 7 Coeficiente de resistencia de Protodyakonov

GRADO DE RESISTENCIA	TIPO DE ROCA O SUELO	M Kg/m ³	Q _{uc} Kg/cm ²	FACTOR f
Muy alto	Granitos masivos. Cuarzitas o basaltos sanos y en general, rocas duras sanas y muy resistentes.	2800-3000	2000	20
Muy alto	Granitos prácticamente masivos, porfidos, pizarras, arenisca y calizas sanas	2600-2700	1500	15
Alto	Granitos y formaciones similares, areniscas y calizas prácticamente sanas conglomerados muy resistente, limolitas resistente.	2500-2600	1000	10
Alto	Calizas en general, granitos meteorizados, limolitas, areniscas relativamente resistentes, mármoles, piritas.	2500	800	8
Moderadamente alto	Areniscas normales	2400	600	6
Moderadamente alto	Pizarras	2300	500	5
Medio	Lutitas, calizas y areniscas de baja resistencia, conglomerado no muy duros	2400-2800	400	4
Medio	Lutitas, pizarras arcillosas, margas	2400-2600	300	3
Moderadamente bajo	Lutitas blandas, calizas muy fracturadas, yesos, areniscas en bloques, gravas cementadas.	2200-2600	200-150	2-1.5
Moderadamente bajo	Gravas, lutitas y pizarras fragmentadas, depósitos de talud duros, arcillas duras	2000		1.5
Bajo	Arcilla firme, suelos arcillosos	1700-2000		1.0
Bajo	Loes, formaciones de arena y grava, suelos arenoarcillosos o limo-arcillosos	1700-1900		0.8
Suelos	Suelos con vegetación, turba, arenas húmedas.	1600-1800		0.6
Suelos granulares	Arenas y gravas	1400-1600		0.5
Suelos plásticos	Limos y arcillas blandos			0.3

Protodyakonov establece el valor de “f” mediante la resistencia a la compresión simple, la cohesión y el ángulo de fricción interna.

PARA ROCAS: $f = \sigma_c / 10$

PARA SUELOS: $f = \tan \phi + C / \sigma_c$

Donde:

σ_c = Resistencia compresión simple (Mpa)

ϕ = Ángulo de rozamiento interno

C = Cohesión a largo plazo (Mpa).

Para dimensionar el sostenimiento se asume que la distribución de cargas en el túnel debe presentar los siguientes parametros:

Presión uniforme vertical encima de la bóveda

$$P_v = \gamma \cdot h$$

Presión uniforme lateral

$$P_h = \gamma \cdot (h + 0.5 \cdot m) \cdot \tan^2 (45^\circ + \varphi/2)$$

Donde:

b = Anchura de la labor

m = Altura del túnel

f = Coeficiente de resistencia

γ = Peso específico de la roca

φ = Angulo de rozamiento interno

$$B = b + 2m \cdot \tan (45^\circ - \varphi/2)$$

$$h = B/2f$$

Determinación de las cargas de roca

Zona “A”:

$$b = \text{Anchura de la labor} = 3.2 \text{ m}$$

$$m = \text{Altura del túnel} = 3.2 \text{ m}$$

$$f = \text{Coeficiente de resistencia} = 5$$

$$\gamma = \text{peso específico de la roca} = 2.5 \text{ Tn/m}^3$$

$$\varphi = \text{ángulo de rozamiento interno} = 41 \text{ (según rocLab)}$$

$$B = b + 2m \cdot \tan (45^\circ - \varphi/2) = 6.1$$

$$h = B/2f = 0.61$$

$$P_v = \gamma \cdot h = 1.5 \text{ tn/m}^2$$

$$P_v = 27.2 \text{ tn/m}^2$$

Zona “B”:

$$b = \text{Anchura de la labor} = 3.2 \text{ m}$$

$$m = \text{Altura del túnel} = 3.2 \text{ m}$$

$$f = \text{Coeficiente de resistencia} = 3$$

γ = peso específico de la roca = 2.5 Tn/m³

ϕ = ángulo de rozamiento interno = 30° (según rocLab)

$B = b + 2m \cdot \tan(45 - \phi/2) = 6.9$

$h = B/2f = 1.15$

$P_v = \gamma \cdot h = 2.8 \text{ tn/m}^2$

$P_v = 20.6 \text{ tn/m}^2$

Zona “C”:

b = Anchura de la labor = 3.2 m

m = Altura del túnel = 3.2 m

f = Coeficiente de resistencia = 1.0

γ = peso específico de la roca = 2.5 Tn / m³

ϕ = ángulo de rozamiento interno = 10.2° (según rocLab)

$B = b + 2m \cdot \tan(45 - \phi/2) = 8.5$

$h = B/2f = 4.27$

$P_v = \gamma \cdot h = 9.4 \text{ tn/m}^2$

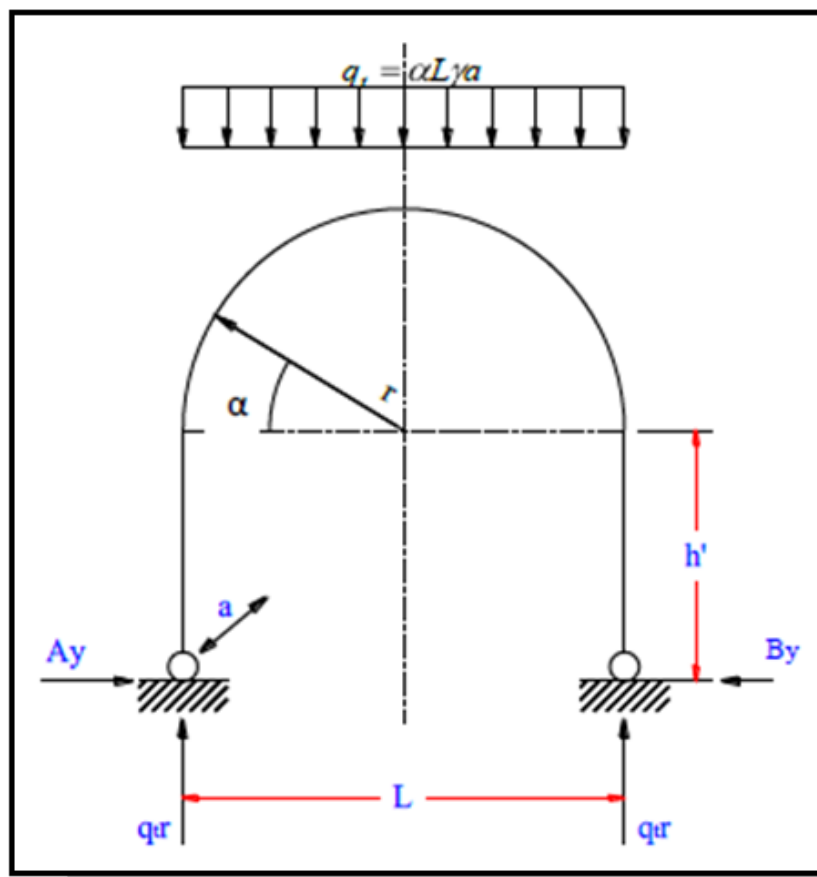
$P_v = 18.5 \text{ tn/m}^2$

Diseño mediante la metodología de Cemal Biron

Este método, en comparación con los anteriormente mencionados presenta un desarrollo mucho más analítico y unos detalles más específicos tomando para ello los perfiles de las vigas y sus resistencias. En ese sentido se aplica la propuesta de Everling para calcular las cargas que las cimbras podrán soportar, además de los analizar el esfuerzo en caso de los arcos rígidos. En estos casos, se puede simplificar la estructura al darles forma de semicírculo, por encima de cierta distancia vertical. También se debe asumir la rigidez de las zonas

de conexión, las que se observan como “continuas” en la fig. 20. La evaluación a nivel estático se presenta en la fig. 21 (a) y (b).

Figura 21 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero



$$A_y = B_y = \frac{(0.78h' + 0.666r)q_t r^3}{0.666h'^3 + \pi h'^2 + 4h'r^2 + 1.57r^3} \dots\dots\dots (1)$$

$$M = 0.5q_t r^2 \sin^2 \alpha - A_y (h' + r \sin \alpha) \dots\dots\dots \text{para } 0 \leq \alpha \leq \pi \dots\dots (2)$$

$$M = -A_y x \dots\dots\dots \text{para } 0 \leq x \leq h' \dots\dots (3)$$

$$N = -q_r r \cos^2 \alpha - A_y \sin \alpha \dots\dots\dots (4)$$

En donde:

A_y = Reacciones de los lados, en toneladas, presiones.

h' = Distancia vertical del arco, en metros.

r = Radio del arco, en metros.

α = Angulo formado con la horizontal

q_t = Carga uniforme del techo, en toneladas por metro.

M = Momento en toneladas. Metro

N = Fuerza normal al perfil, en toneladas.

Es necesario para el diseño de arcos rígidos establecer su momento máximo. En ese sentido se tiene la derivada de la ecuación (2) con relación a α , y se iguala a cero, se obtiene los siguiente:

Los valores de $M_{\max}$ y de N son.

$$\begin{aligned} M_{\max} &= -A_y \left(h' + 0.5 \frac{A_y}{q_t} \right) \dots\dots\dots (5) \\ N &= -A_y \dots\dots\dots (6) \\ N_1 &= -q_t r \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

Diseño del perfil del acero

Es necesario emplear los parámetros obtenidos a partir de las ecuaciones 5 y 7 con el fin de establecer las dimensiones de la sección transversal del arco. De esta manera se podrá determinar el esfuerzo de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} |\sigma| &= \frac{\text{Carga Normal}}{\text{Area De La Sección}} + \frac{\text{momento máximo}}{\text{módulo De La Sección}} \\ |\sigma| &= \frac{q_t r}{F} + \frac{A_y (h' + 0.5 A_y / q_t)}{W} \leq \sigma_{sf} \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

Donde:

$|\sigma|$ = Valor absoluto del esfuerzo (ton/m²).

F = Área de la sección del perfil, (m²).

W = Módulo de sección del perfil, (m³).

σ_{sf} = Esfuerzo permisible del acero para los ademes de las minas.

Se puede observar en la ecuación 8 que aparecen dos incógnitas correspondientes a la sección transversal y el módulo de sección: En ese sentido, mediante un método de tanteo se podrá establecer un diseño adecuado, atendiendo a los siguientes datos específicos:

$$F = 0.149 W + 9.78 \dots \dots \dots (9)$$

$$/ \sigma / = \frac{q_t r}{0.149 W + 9.78} + \frac{A_y (h' + 0.5 A_y / q_t)}{W} \leq \sigma_{sf} \dots \dots \dots (10)$$

En el caso de la ecuación 10, en relación a W es de segundo grado, por lo cual se tendrá que aprovechar la raíz positiva de la ecuación. Después de determinar W se ha determinado, el perfil más próximo se obtiene de la tabla 9.

Tabla 8 *Propiedades geométricas según el perfil estructural*

Designación	Area		Peralte		Espesor		Patin				Eje x-x						Eje y-y					
					del alma		ancho		Espesor		Ix		S		r		Iy		S		r	
	A		d		tw		bf		tf													
pulg x lb/pie	pulg2	cm2	pulg	cm	pulg	cm	pulg	cm	pulg	cm	pulg4	cm4	pulg3	cm3	pulg	cm	pulg4	cm4	pulg3	cm3	pulg	cm
W12 x 87	25,3	163,0	12,5	31,8	0,5	1,3	12,1	30,8	0,8	2,1	731,3	30439,9	116,7	1912,9	5,4	13,7	240,8	10021,6	39,7	650,8	3,1	7,8
W12 x 50	14,4	92,8	12,2	31,0	0,4	0,9	8,1	20,5	0,6	1,6	385,3	16038,2	63,2	1036,0	5,2	13,1	56,3	2344,0	13,9	228,4	2,0	5,0
W12 x 45	12,9	83,3	12,1	30,6	0,3	0,9	8,0	20,4	0,6	1,5	341,6	14218,3	56,6	928,3	5,1	13,1	49,9	2078,4	12,4	203,4	2,0	5,0
W12 x 26	7,6	48,8	12,2	31,0	0,2	0,6	6,5	16,5	0,4	1,0	201,8	8398,3	33,0	541,1	5,2	13,1	17,3	721,1	5,3	87,5	1,5	3,8
W12 x 22	6,4	41,3	12,3	31,3	0,3	0,7	4,0	10,2	0,4	1,1	153,6	6394,4	25,0	409,0	4,9	12,4	4,7	193,7	2,3	37,8	0,9	2,2
W12 x 16	4,6	29,9	12,0	30,5	0,2	0,6	4,0	10,1	0,3	0,7	100,3	4174,2	16,7	274,1	4,7	11,8	2,8	117,2	1,4	23,1	0,8	2,0
W12 x 14	4,1	26,3	11,9	30,3	0,2	0,5	4,0	10,1	0,2	0,6	86,1	3582,7	14,5	236,9	4,6	11,7	2,4	98,0	1,2	19,4	0,8	1,9
W10 x 100	29,2	188,3	11,1	28,2	0,7	1,7	10,3	26,3	1,1	2,8	618,6	25746,4	111,5	1826,4	4,6	11,7	206,6	8599,1	40,0	654,8	2,7	6,8
W10 x 54	15,6	100,7	10,1	25,6	0,4	0,9	10,0	25,5	0,6	1,6	298,7	12433,7	59,2	970,3	4,4	11,1	103,5	4306,4	20,6	338,1	2,6	6,5
W10 x 45	13,0	84,2	10,1	25,7	0,4	0,9	8,0	20,4	0,6	1,6	244,0	10157,7	48,3	791,9	4,3	11,0	53,3	2220,0	13,3	218,0	2,0	5,1
W10 x 39	11,3	72,6	9,9	25,2	0,3	0,8	8,0	20,3	0,5	1,3	205,0	8534,0	41,3	677,4	4,3	10,8	45,0	1872,9	11,3	184,7	2,0	5,1
W10 x 30	8,8	56,5	10,5	26,6	0,3	0,8	5,8	14,8	0,5	1,3	168,2	7000,9	32,1	526,5	4,4	11,1	16,7	694,8	5,7	94,2	1,4	3,5
W10 x 19	5,7	36,6	10,2	26,0	0,3	0,6	4,2	10,7	0,4	1,0	98,0	4080,0	19,1	313,7	4,2	10,6	4,9	203,5	2,3	38,2	0,9	2,4
W10 x 15	4,3	28,0	10,0	25,4	0,2	0,6	4,0	10,2	0,3	0,7	67,2	2797,3	13,5	220,5	3,9	10,0	2,9	120,3	1,4	23,7	0,8	2,1
W10 x 12	3,5	22,3	9,9	25,1	0,2	0,5	4,0	10,1	0,2	0,5	52,2	2171,4	10,6	173,2	3,9	9,9	2,2	90,7	1,1	18,0	0,8	2,0
W8 x 67	19,5	126,1	9,0	22,9	0,6	1,4	8,3	21,0	0,9	2,4	270,1	11243,4	60,0	983,7	3,7	9,4	88,6	3686,6	21,4	350,6	2,1	5,4
W8 x 58	17,0	109,4	8,8	22,2	0,5	1,3	8,2	20,9	0,8	2,1	226,0	9407,3	51,7	846,6	3,7	9,3	75,1	3124,2	18,3	299,3	2,1	5,3
W8 x 48	14,0	90,1	8,5	21,6	0,4	1,0	8,1	20,6	0,7	1,7	182,2	7582,1	42,9	702,4	3,6	9,2	60,9	2536,3	15,0	246,3	2,1	5,3
W8 x 40	11,6	74,9	8,3	21,0	0,4	0,9	8,1	20,5	0,6	1,4	144,7	6024,3	35,1	575,0	3,5	9,0	49,1	2042,9	12,2	199,3	2,1	5,2
W8 x 31	9,0	58,0	8,0	20,3	0,3	0,7	8,0	20,3	0,4	1,1	108,2	4505,1	27,1	443,4	3,5	8,8	37,1	1542,7	9,3	151,9	2,0	5,2
W8 x 24	6,9	44,8	7,9	20,1	0,2	0,6	6,5	16,5	0,4	1,0	81,1	3376,6	20,5	335,3	3,4	8,7	18,3	760,7	5,6	92,2	1,6	4,1
W8 x 15	4,4	28,1	8,1	20,6	0,2	0,6	4,0	10,2	0,3	0,8	47,0	1955,8	11,6	189,9	3,3	8,3	3,4	141,8	1,7	27,8	0,9	2,2
W6 x 25	7,3	47,0	6,4	16,2	0,3	0,8	6,1	15,4	0,5	1,2	53,0	2206,8	16,6	272,4	2,7	6,9	17,1	710,0	5,6	92,0	1,5	3,9
W6 x 20	5,8	37,5	6,2	15,7	0,3	0,7	6,0	15,3	0,4	0,9	41,0	1706,6	13,2	216,7	2,7	6,7	13,3	552,7	4,4	72,3	1,5	3,8
W6 x 16	4,7	30,2	6,3	16,0	0,3	0,7	4,0	10,2	0,4	1,0	31,8	1321,9	10,1	165,7	2,6	6,6	4,4	184,2	2,2	36,0	1,0	2,5
W6 x 15	4,4	28,2	6,0	15,2	0,2	0,6	6,0	15,2	0,3	0,7	28,7	1195,5	9,6	157,1	2,6	6,5	9,3	387,9	3,1	51,0	1,5	3,7
W6 x 12	3,5	22,6	6,0	15,3	0,2	0,6	4,0	10,2	0,3	0,7	21,7	901,8	7,2	117,8	2,5	6,3	3,0	124,5	1,5	24,5	0,9	2,3
W6 x 9	2,6	16,9	5,9	15,0	0,2	0,4	3,9	10,0	0,2	0,5	16,0	666,6	5,4	89,0	2,5	6,3	2,2	91,3	1,1	18,2	0,9	2,3
W5 x 19	5,5	35,4	5,2	13,1	0,3	0,7	5,0	12,8	0,4	1,1	25,9	1079,5	10,1	165,1	2,2	5,5	9,1	379,9	3,6	59,5	1,3	3,3
W5 x 16	4,6	29,9	5,0	12,7	0,2	0,6	5,0	12,7	0,4	0,9	21,1	877,3	8,4	137,9	2,1	5,4	7,5	312,4	3,0	49,2	1,3	3,2
W4 x 13	3,8	24,3	4,2	10,6	0,3	0,7	4,1	10,3	0,3	0,9	11,2	466,0	5,4	88,2	1,7	4,4	3,9	160,4	1,9	31,1	1,0	2,6
HEB 100 x 20,4	4,0	26	3,9	10	0,24	0,6	3,9	10	0,4	1	10,8	449	5,5	89,9	1,6339	4,15	4,0	167	2,0	33,4	1,0	2,5
HEB 120 x 26,7	5,3	34	4,7	12	0,26	0,65	4,7	12	0,4	1,1	20,8	864	8,8	144	1,9843	5,04	7,6	317	3,2	52,9	1,2	3,1
HEB 140 x 33,7	6,7	43	5,5	14	0,28	0,7	5,5	14	0,5	1,2	36,3	1510	13,2	216	2,3346	5,93	13,2	549	4,8	78,5	1,4	3,6
HEB 160 x 42,6	8,4	54,3	6,3	16	0,31	0,8	6,3	16	0,5	1,3	59,8	2490	19,0	311	2,6693	6,78	21,4	889	6,8	111	1,6	4,1
HEB 180 x 51,2	10,1	65,3	7,1	18	0,33	0,85	7,1	18	0,6	1,4	92,0	3830	26,0	426	3,0157	7,66	32,7	1360	9,2	151	1,8	4,6

Aplicación en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada

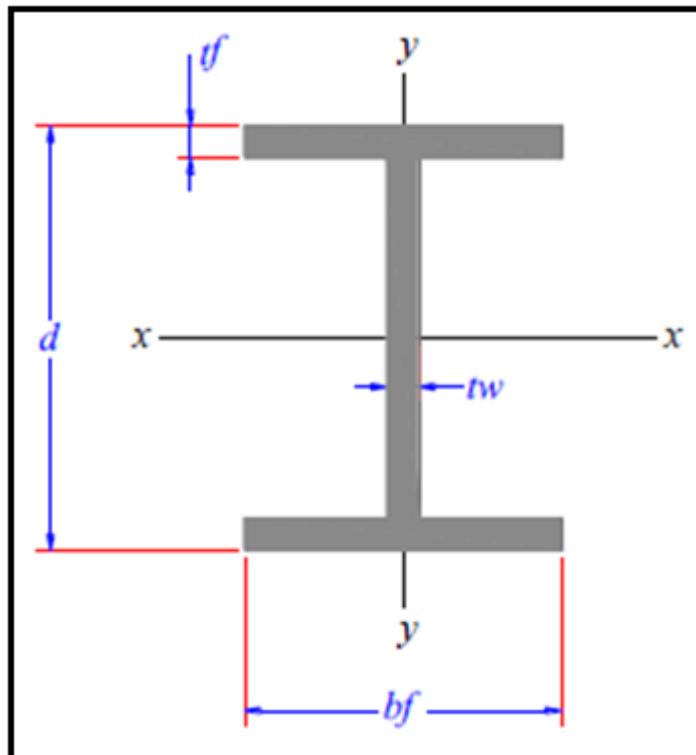
Para una sección de galería se adaptará un arco rígido con el perfil adecuado, cuya dimensión alcanza los 9.2 m², y presenta intervalos espaciados por 1 metro en condiciones normales del macizo rocoso.

Los datos se pueden resumir como se ve en la figura 22.

$$\alpha = 0.5, 1, 1.5$$

$$\gamma = 2.5, 2.2, 2.75 \text{ ton/m}^3$$

Figura 22 Perfil de viga "Wide Flange" y HEB



Zona "A":

$$L = \text{Claro del túnel} = 3.2 \text{ m.}$$

$$r = 1.5 \text{ m.}$$

$$h' = 1.5 \text{ m.}$$

$$a = 1.0 \text{ m (espaciamiento de los arcos).}$$

$$\alpha = 0.5 \text{ (roca regular).}$$

$$\gamma = 2.5 \text{ ton/m}^3$$

$q_t = \alpha L \gamma a$ carga uniforme en el techo.

$$q_t = 0.5 \times 3.2 \text{ m} \times 2.5 \text{ ton/m}^3 \times 1.0 \text{ m}$$

$$q_t = 4.0 \text{ ton/m}$$

$$A_y = \frac{(0.785 \times 1.5 + 0.666 \times 1.5) \times 4.0 (1.5)^3}{0.666 (1.5)^3 + \pi (1.5) (1.5)^2 + 4 \times 1.5 (1.5)^2 + 1.57 (1.5)^3}$$

$$A_y = 0.93 \text{ ton}$$

$$M = 0.5 \times 4.0 (1.5)^2 \times \sin^2 \alpha - 0.93 (1.5 + 1.5 \sin \alpha)$$

$$N = -4.0 \times 1.5 \cos^2 \alpha - 0.93 \sin \alpha$$

Tabla 9 Momentos y carga normal. Cimbra rígida, Zona A.

Angulo en grados	Momento (ton x m)	Carga normal (ton)
0	-1.393	-6.000
10	-1.480	-6.035
15	-1.499	-5.980
20	-1.452	-5.838
25	-1.342	-5.616
30	-1.177	-5.321
35	-0.964	-4.964
40	-0.711	-4.559
45	-0.428	-4.118
50	-0.127	-3.656
55	-0.181	-3.190
60	-0.776	-2.304
65	-1.042	-1.913
70	-1.272	-1.574
75	-1.461	-1.299
80	-1.600	-1.095
85	-1.686	-0.970
90	1.715	-0.928

A continuación, se muestran los valores máximos:

$$\alpha = \operatorname{sen}^{-1} \frac{A_y}{q_t r} = \operatorname{sen}^{-1} \frac{0.93}{4 \times 1.5} = \operatorname{sen}^{-1} 0.155$$

$$\alpha = 8.9^\circ$$

$$M_{\max} = -A_y \left(h' + 0.5 \frac{A_y}{q_t} \right)$$

$$= -0.93 \left(1.5 + 0.50 \cdot \frac{0.93}{4} \right)$$

$$= -1.50 \text{ ton} \cdot \text{m}$$

$$N_{\max} = 4 \times (-1.50)$$

$$= -6.0 \text{ ton}$$

Figura 23 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de Momentos

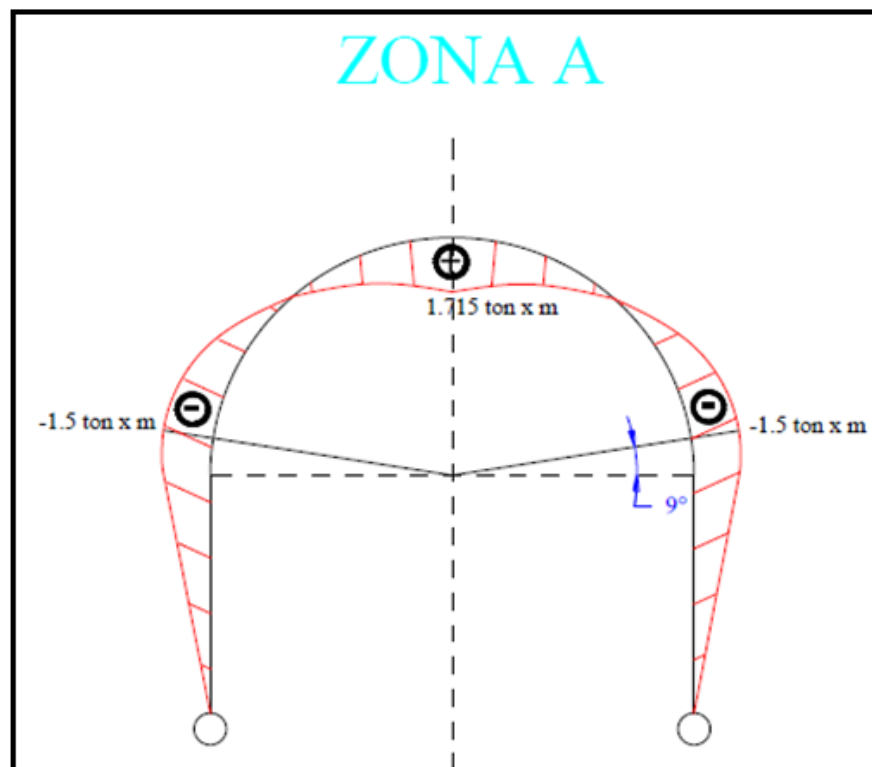
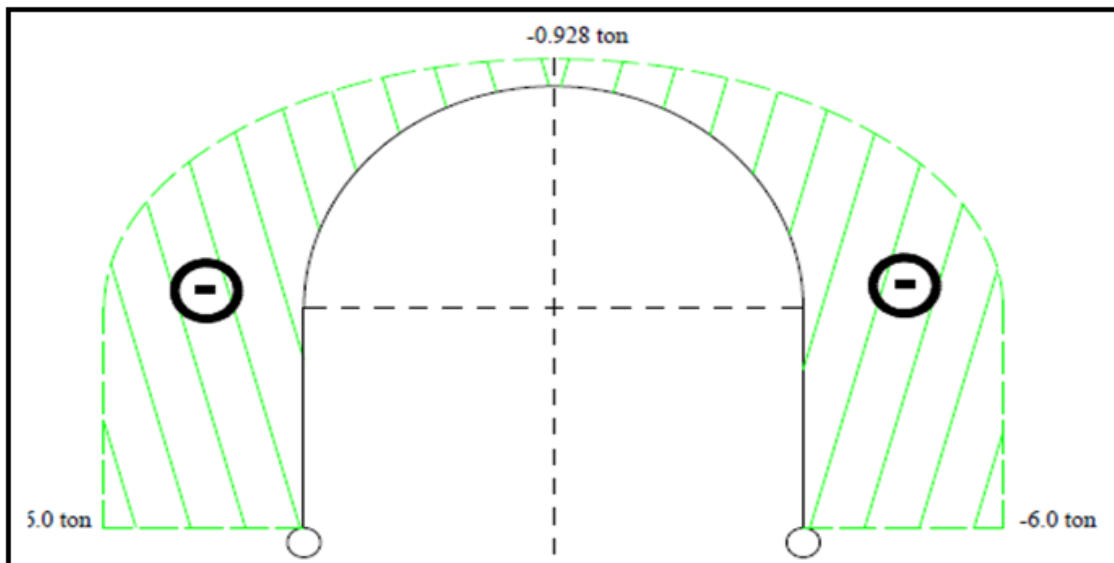


Figura 24 *Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de carga normal*



Zona “B”:

L = Claro del túnel = 3.2 m.

r = 1.5 m.

$h' = 1.5$ m.

a = 1.0 m (espaciamiento de los arcos).

α = 1.0 (condición mala).

γ = 2.5 ton/m³

$q_t = \alpha L \gamma a$ carga uniforme en el techo.

= 1.0 x 3.2 m x 2.5 ton/m³ x 1.0 m

= 8.0 ton/m

$$A_x = \frac{(0.785 \times 1.5 + 0.666 \times 1.5) \times 8.0 (1.5)^3}{0.666 (1.5)^3 + \pi (1.5)(1.5)^2 + 4 \times 1.5 (1.5)^2 + 1.57 (1.5)^3}$$

$$A_y = 1.85 \text{ ton}$$

$$M = 0.5 \times 8.0 (1.5)^2 \times \sin^2 \alpha - 1.85 (1.5 + 1.5 \sin \alpha)$$

$$N = -8.0 \times 1.5 \cos^2 \alpha - 1.85 \sin \alpha$$

Tabla 10 Momentos y carga normal. Cimbra rígida, Zona B

Angulo en grados	Momento (ton x m)	Carga normal (ton)
0	-2,785	-12.000
5	-2.960	-12,071
10	-2.997	-11.961
15	-2.903	-11.677
20	-2.685	-11.231
25	-2.355	-10.641
30	-1.928	-9.928
35	-1.422	-9.117
40	-0.857	-8.235
45	-0.255	-7.313
50	0.363	-6.380
55	0,972	-5.469
60	1.553	-4.608
65	2,083	-3.826
70	2,545	-3.149
75	2,922	-2.597
80	3,201	-2.190
85	3,372	-1.941
90	3,430	-1.857

A continuación, se muestran los valores máximos:

$$\alpha = \operatorname{sen}^{-1} \frac{A_y}{q_t r} = \operatorname{sen}^{-1} \frac{1.85}{8 \times 1.5} = \operatorname{sen}^{-1} 0.154$$

$$\alpha = 8.9^\circ$$

$$M_{\max} = -A_y \left(h' + 0.5 \frac{A_y}{q_t} \right)$$

$$= -1.85 \left(1.5 + 0.50 \cdot \frac{1.85}{8} \right)$$

$$= -3.0 \text{ ton.m}$$

$$N_1 = -q_t r = 8.0 \times 1.5$$

$$= -12.0 \text{ ton}$$

Figura 25 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Gráfica de Momentos

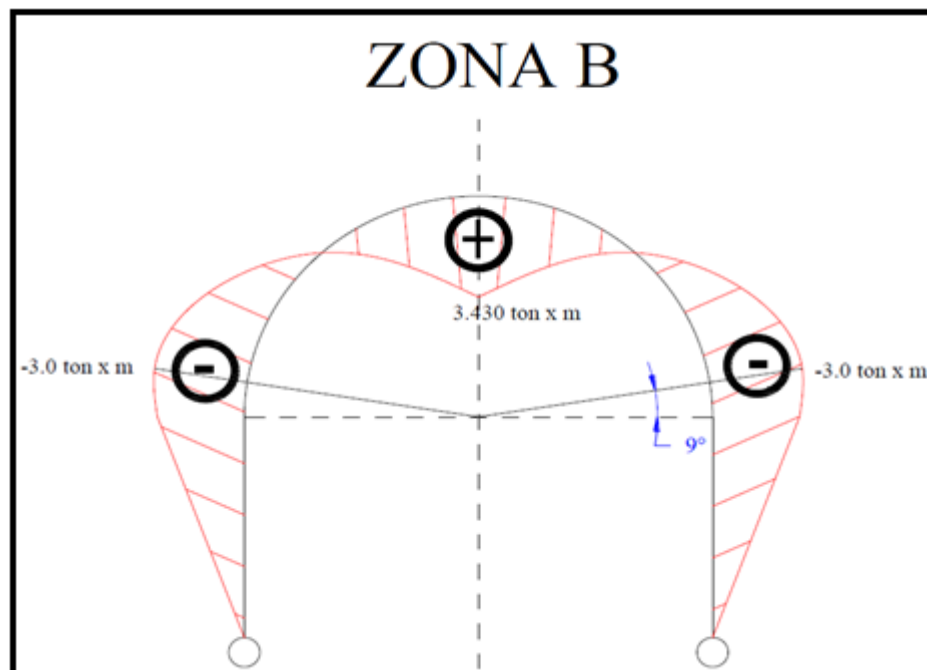
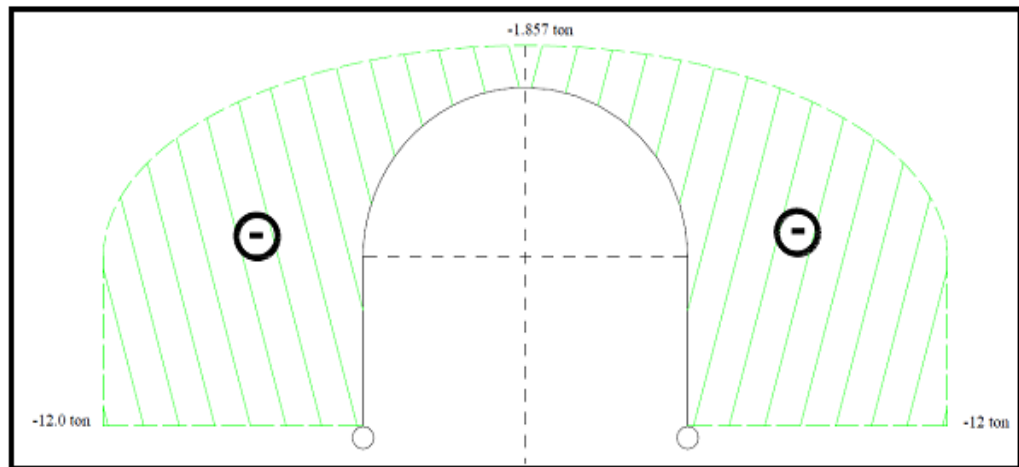


Figura 26 Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de carga normal.



Zona “C”:

L = Claro del túnel = 3.2 m.

r = 1.5 m.

$h' = 1.5$ m.

a = 1.0 m (espaciamiento de los arcos).

α = 1.5 (condición muy mala).

γ = 2.5 ton/m³

q t = $\alpha L \gamma$ a carga uniforme en el techo.

q t = 1.5 x 3.2 m x 2.5 ton/m³ x 1.0 m

q t = 12.0 ton/m

$$A_y = \frac{(0.785 \times 1.5 + 0.666 \times 1.5) \times 12 (1.5)^3}{0.666 (1.5)^3 + \pi (1.5) (1.5)^2 + 4 \times 1.5 (1.5)^2 + 1.57 (1.5)^3}$$

$$A_y = 2.78 \text{ ton}$$

$$M = 0.5 \times 12 (1.5)^2 \times \sin^2 \alpha - 2.78 (1.5 + 1.5 \cdot \sin \alpha)$$

$$N = -12 \times 1.5 \cos^2 \alpha - 2.78 \sin \alpha$$

Tabla 11 *Tabla de momentos y carga normal, cimbra rígida, Zona B.*

Angulo en grados	Momento (ton x m)	Carga normal (ton)
0	-4,178	-18.000
5	-4.439	-18,106
10	-4.496	-17.941
15	-4.355	-17.515
20	-4.027	-16.847
25	-3.532	-15.962
30	-2.892	-14.893
35	-2.133	-13.676
40	-1.285	-12.353
45	-0.382	-10.969
50	0,544	-9,571
55	1.459	-8.203
60	2,329	-6.912
65	3,125	-5.739
70	3,817	-4.723
75	4,383	-3.896
80	4,801	-3.286
85	5,058	-2.911
90	5,145	-2.785

A continuación, se muestran los valores máximos:

$$\alpha = \operatorname{sen}^{-1} \frac{A_y}{q_t r} = \operatorname{sen}^{-1} \frac{2.78}{12 \times 1.5} = \operatorname{sen}^{-1} 0.154$$

$$\alpha = 8.9^\circ$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= -A_y \left(h' + 0.5 \frac{A_y}{q_t} \right) \\ &= -2.78 \left(1.5 + 0.50 \cdot \frac{2.78}{12} \right) \\ &= -4.5 \text{ ton.m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= -q_t r = 12 \times 1.5 \\ &= -18.0 \text{ ton} \end{aligned}$$

Figura 27 *Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de Momentos.*

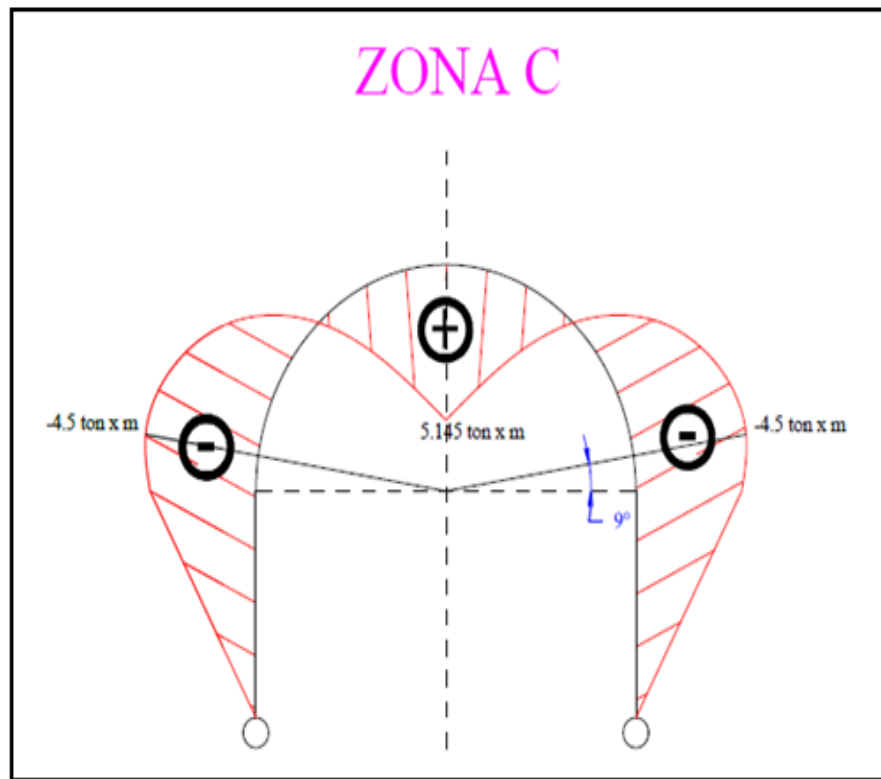


Figura 28. *Modelo estático de un arco rígido idealizado de acero. Grafica de Esfuerzo normal.*

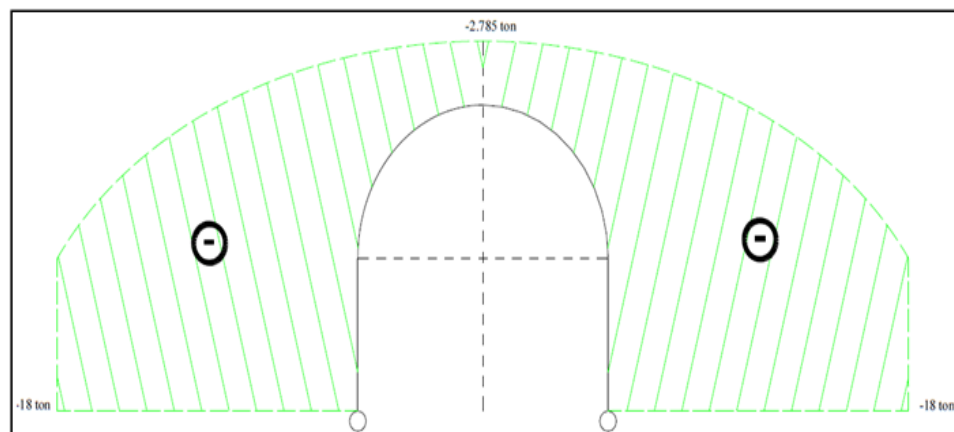


Figura 29 Esquema *del sostenimiento con cimbras rígidas*

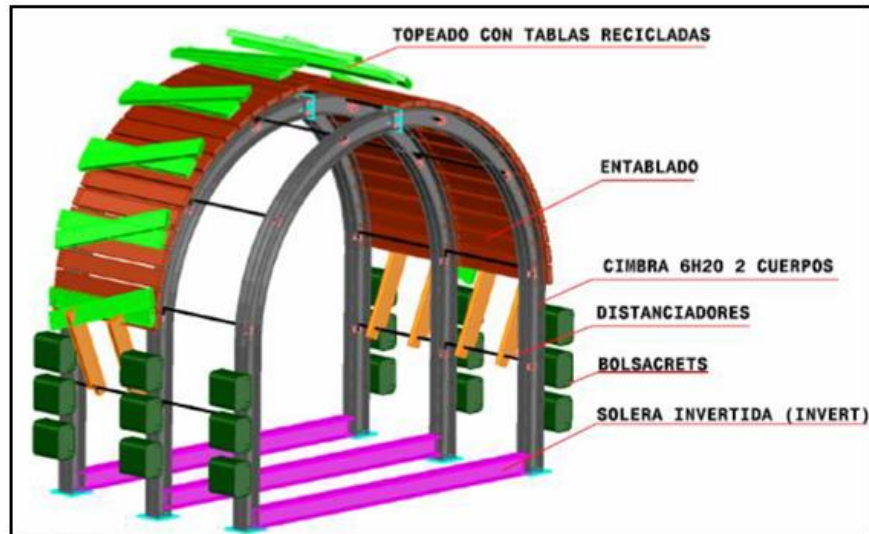


Figura 30. *Labor sostenimiento con cimbras rígidas*



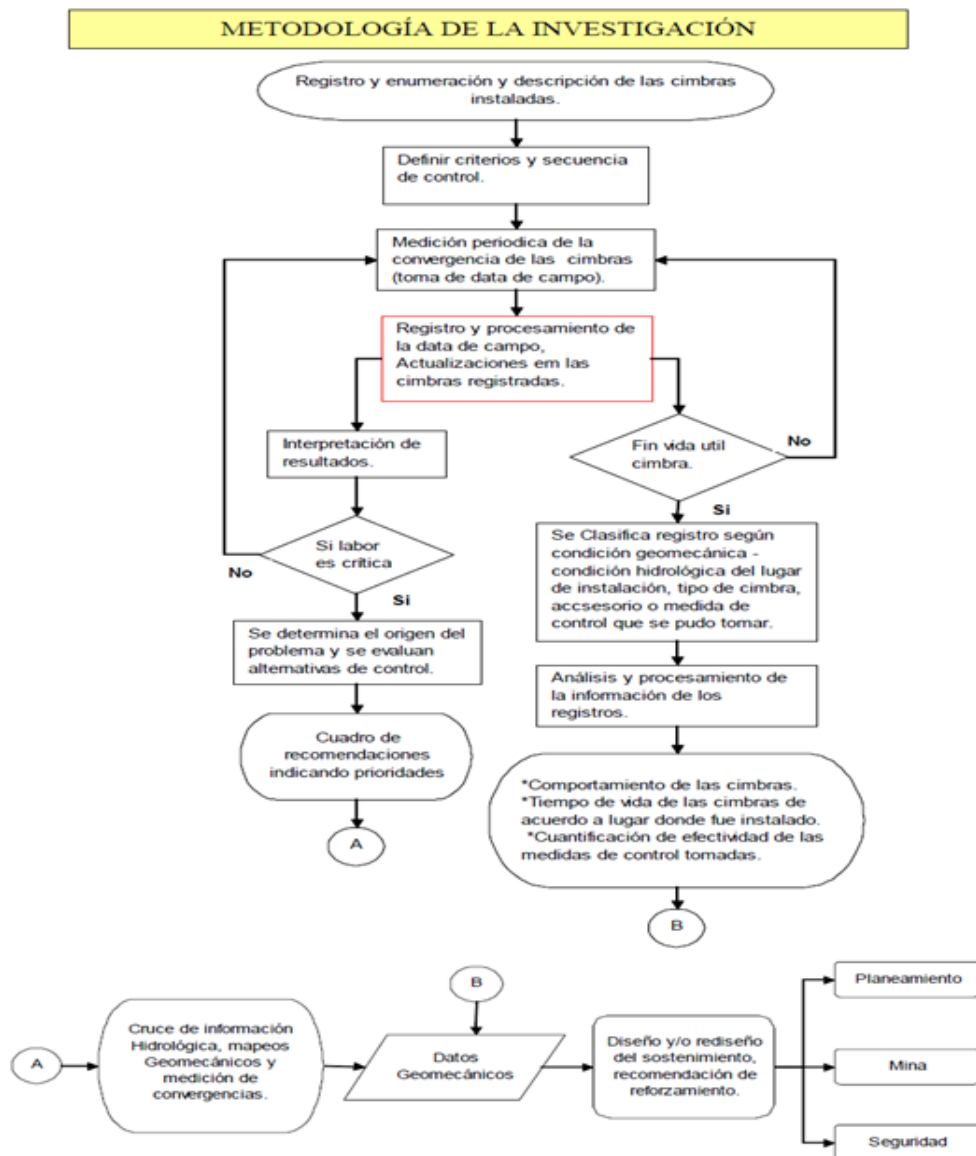
4.2.2. Análisis de convergencias del comportamiento de los cuadros metálicos

Monitoreo de la convergencia en el análisis del comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW

Dada la importancia del sostenimiento en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada y dadas las circunstancias que presenta la calidad de la roca que alcanza niveles de mala y muy mala, hay que tener un cuidado especial en la

elaboración del diseño, además de elegir las cimbras adecuadas y llevar un control constante de las deformaciones. Un óptimo diseño ofrece poder establecer el nivel de carga que puede soportar el sistema de sostenimiento y de esta manera poder elegir correctamente la a cimbra que pueda soportar dicha carga. Ahora bien, esta responsabilidad recae en los criterios que aplique el ingeniero a cargo, quien debe tener en cuenta la vida operativa de la excavación y contrastarlo con el costo de un sistema de sostenimiento que pueda garantizar la operatividad y la seguridad por todo el tiempo que cubrirán la excavación. Además, llevar este control permite tener un conocimiento más profundo de sus comportamientos para poder compararlo con las condiciones geomecánicas que presente el yacimiento y de esta manera poder estimar el tiempo de vida operativo de las cimbras, así como evaluar las acciones para controlar sus deformaciones.

Figura 31 Diagrama de flujo de la metodología de investigación



Control de convergencias de las cimbras

Cuando se realizan excavaciones a nivel subterráneo es normal romper el equilibrio de fuerzas que presenta un cuerpo de rocas, debido a este fenómeno se generan un conjunto de tensiones radiales en el perímetro de la excavación. El objetivo de estas tensiones es cerrar el orificio que se abrió, este fenómeno se denomina CONVERGENCIA.

Cualquiera de los dos tipos de cimbras presenta un límite elástico de deformación, y cuando lo alcanzan ocurren alteraciones en las secciones laterales

y verticales. Monitorear y controlar estas alteraciones es denominado “Monitoreo de Convergencias”

Las principales causas de estos deterioros en la Compañía Minera Ares se encuentran asociados a presiones laterales es por ello que el control de convergencias se lleva a cabo mediante la medición de las dimensiones laterales AC (ancho de las cimbras), también se pueden realizar mediciones eventuales de las dimensiones AB y BC (fig.32), las que pueden ofrecer un resultado asociado a un corto plazo o incluso mediano.

Resultados a corto plazo

En este lapso de tiempo se puede realizar estimaciones basadas en hecho recientes por medio de mediciones periódicas que serán recogidas en un registro Excel, que podrán ofrecer datos sobre las dos últimas medidas como se muestra en la tabla 13, mediante este sistema se puede determinar la VDL (Velocidad de Deformación Lateral) y de esta manera se puede establecer la vida operativa de las cimbras.

Figura 32 Esquema ilustrativo de la medición de convergencia

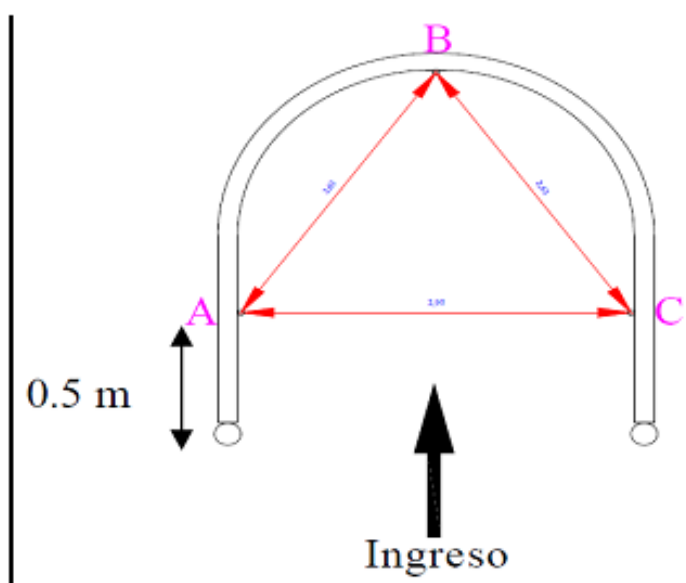


Tabla 12 Registro de mediciones de convergencias

N° Cimbra	Tipo de cimbra	Fecha instalada	Ancho (cm)					Deformación	Velocidad Cm/día	Ancho critico	
			Fecha	inicial	Obs	Fecha	Final			Dia	Fecha
1	HBE-140	03.09.2022	17-ene	355.4		22-ene	354.5	0.90	0.18	581	25 -agos
2	HBE-140	04.09.2022	17-ene	329.3		22-ene	328.0	1.30	0.26	300	18-nov
2A	N-29	24.09.2022	17-ene	302.1		22-ene	301.4	0.70	0.14	367	24-enero
3	HBE-140	04.09.2022	17-ene	303.4		22-ene	302.0	1.40	0.28	186	26-julio
3A	N-29	24.09.2022	17-ene	302.1		22-ene	302.0	0.10	0.02	2600	07-marzo
4	N-29	05.09.2022	17-ene	274.4		22-ene	274.3	0.10	0.02	1215	22-mayo
4A	N-29	15.09.2022	17-ene	287.6		22-ene	286.2	1.40	2.28	129	31-mayo
5	N-29	05.09.2022	17-ene	268.9		22-ene	268.3	0.60	0.12	153	23-junio
5A	N-29	15.09.2022	17-ene	290.5		22-ene	290.1	0.40	0.08	501	07-junio
6	N-29	06.09.2022	17-ene	251.7		22-ene	250.1	1.70	0.34	0	23-enero
6A	N-29	15.09.2022	17-ene	277.5		22-ene	277.2	0.30	0.06	453	20-abril
7	N-29	06.09.2022	17-ene	279.2		22-ene	279.1	0.10	0.02	1455	17-enero
7A	N-29		17-ene	304.7		22-ene	303.4	1.30	0.26	205	15-agosto
8	N-29	16.09.2022	17-ene	270.2		22-ene	269.5	0.70	0.14	139	10-junio
8A	N-29	08.09.2022	17-ene	288.4		22-ene	288.0	0.40	0.08	475	12-mayo
9	N-29		17-ene	262.8.		22-ene	262.1	0.70	0.14	86	18-abril
9A	N-29	10.01.2023	17-ene	320.1		22-ene	319.9	0.20	0.04	1747	04-noviembre
10	N-29	19.09.2022	17-ene	310.7		22-ene	303.9	6.80	1.36	40	02-marzo
10A	N-29	04.09.2022	17-ene	269.9		22-ene	269.8	0.10	0.02	990	09-octubre

Como parte del sistema de registro se elaboró una codificación mediante colores, este sistema ofrece una identificación fácil por medio de una visualización las cimbras que presenten deformaciones grandes y/o VDL aceleradas, con lo cual se pueden tomar acciones para controlarlas.

Figura 33 *Leyenda del formato para registro de mediciones*

	Ancho crítico
	Cimbra nueva
	Velocidad máxima
	Deformación acelerada
	Próximos al ancho crítico

Ancho crítico: Cimbra con una anchura por debajo de 2.5m

Cimbra nueva: De instalación reciente menor a 1 mes

Velocidad máxima: Cimbra cuya velocidad de deformación es mayor

Deformación acelerada: los valores de VDL se encuentran por encima de 1 cm/día.

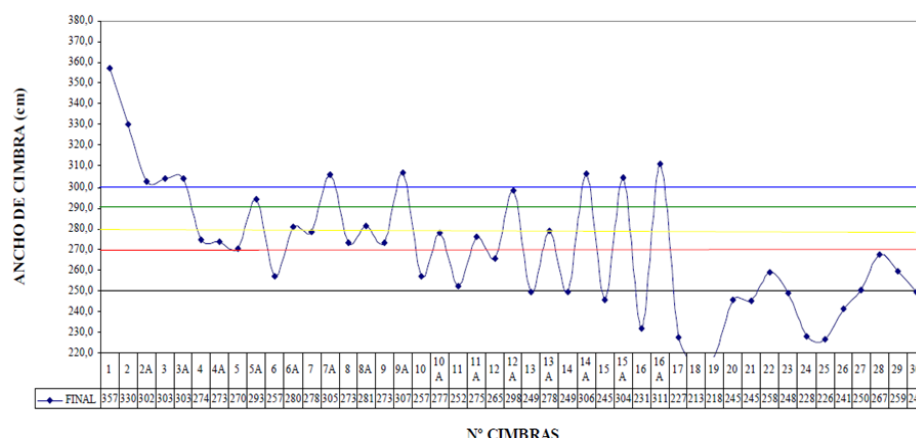
Con Invert: se instala una solera invertida en la cimbra

Próximos al ancho crítico: La cimbra presenta una vida operativa a la necesaria.

Teniendo como base las necesidades operativas se pudo determinar que las dimensiones mínimas del segmento ancho de la cimbra deben estar por encima de 2.5 m. de no contar con estas dimensiones se la considera una cimbra subestándar.

Para el caso de las longitudes, estas también serán analizadas por medios gráficos como se muestran en la figura 34, cimbra vs ancho (cm). En ese grafico se puede observar cual es la dimensión mínima para los segmentos anchos de las cimbras.

Figura 34 De Cimbras vs ancho de cimbra. Para el control de la convergencia



El procedimiento desarrollado en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada con el fin de llevar el control de las deformaciones de las cimbras debe tener en cuenta las últimas mediciones de su segmento ancho de su velocidad de deformación lateral (VDL). En el caso que presente un ancho con dimensiones críticas alcanzado posteriormente al fin de las operaciones no hay motivo para implementar acciones de control. En caso contrario debe ejecutarse una estabilización mediante un procedimiento determinado previamente.

En la actualidad, para establecer acciones de control sobre las deformaciones en el segmento lateral se aplica el Invert en el caso que la cimbra presente una deformación en los veinte primeros centímetros, en caso la deformación alcance los 2.70 m de ancho se intermediará la cimbra, pero se debe reemplazarla cuando llegue a 2.5 m de ancho.

Resultados a mediano plazo

Se debe elaborar un registro con un orden cronológico para considerar mediciones realizadas y las VDL por toda la vida operativa de las cimbras, lo cual permite analizar sus comportamientos además de las acciones de control llevadas a cabo, teniendo en cuenta los factores que las influyen.

Para este trabajo se tendrán en consideración especialmente las evaluaciones llevadas a cabo a mediano plazo .

4.2.3. Instrumentación

Entre el instrumental que se empleó para monitorear los niveles de convergencia podemos encontrar:

Tape Extensometer The Geokon/Ealey Model 1610

- Precisión = $\pm 0.01\text{mm}$.
- Permite controlar detalladamente la cimbra en base a sus 3 dimensiones AC, AB, BC

El Distancemeter Láser/Leica Disto A5

- Precisión de $\pm 2\text{mm}$, ofrecen una medición que alcanza un rango de 0.05-200 metros.
- Permite controlar rápidamente con una precisión de aceptable nivel. Su uso se enfoca en la dimensión AC.

Figura 35 *Equipos usados para el control de la convergencia*



Recolección de datos

Registro cronológico de las mediciones

Entre las tablas 14 y 17 se pueden observar los registros cronológicos que consignan las medidas y cálculos para el VDL.

Tabla 13 Registro cronológico de las medidas (cm)

			MEDICIONES (cm)														
						9	9	9	17	17	17	30	30	30	37	37	37
NIVEL	TIPO DE CIMBRA	CIMBRA N°	05-nov			14-nov			22-nov			05-dic			12-dic		
			AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC
4070	THN-21	2 Ω	310,0	267,1	264,1	309,9	265,5	264,2	309,8	265,0	264,2	309,7	265,0	264,3	309,7	265,0	264,4
4070	THN-21	4 Ω	305,1	243,6	266,4	305,1	242,1	256,1	304,8	241,4	255,6	304,4	241,0	255,5	304,1	241,0	255,5
4070	THN-21	6 Ω	297,0	252,0	254,1	296,6	251,7	253,8	296,5	251,6	253,5	296,5	251,6	253,2	296,4	251,5	252,9
4070	THN-21	10 Ω	295,9	236,5	254,4	295,7	236,0	254,3	295,3	233,1	254,1	295,1	232,7	254,1	295,0	231,8	253,8
4070	OCTOGONAL	12	267,9	259,1	280,2	266,4	256,4	279,4	265,9	255,7	278,7	264,8	253,7	278,1	264,5	252,3	277,3
4070	OCTOGONAL	14	272,6	248,3	261,0	272,8	245,3	260,5	273,0	244,9	259,8	274,7	244,6	258,5	275,6	244,4	257,5
4070	OCTOGONAL	19	278,5	232,2	259,3	279,0	230,4	258,6	279,6	229,6	258,1	281,1	228,7	257,5	281,2	228,0	256,7
4070	OCTOGONAL	20	275,2	224,0	255,1	276,0	224,0	254,7	276,0	224,5	254,3	276,9	224,7	253,7	277,4	224,7	253,1
4070	OCTOGONAL	22	286,3	241,5	256,4	288,4	241,3	256,2	290,3	241,2	256,1	292,9	241,1	256,0	294,7	240,9	255,8
4070	6H20	28	272,9	223,1	276,4	272,9	223,6	276,4	272,9	223,6	276,9	273,0	223,7	277,3	273,5	223,8	277,7
4070	6H20	32	287,0	209,5	246,9	287,1	209,4	246,9	287,2	209,4	247,0	287,9	209,3	247,1	288,1	209,2	248,1
4070	6H20	34	288,7	235,2	227,8	288,7	234,9	228,4	288,8	234,9	228,5	288,9	234,9	228,5	288,9	234,3	228,5
4070	6H20	36	289,9	225,9	217,5	289,8	225,9	217,5	289,8	225,9	217,4	289,7	226,0	217,4	289,7	226,0	217,4
4070	6H20	38	284,1	231,7	212,9	283,9	231,6	212,8	283,7	231,5	212,8	283,7	231,5	212,6	283,6	231,5	212,6
4070	6H20	40	279,2	255,4	208,5	279,1	255,4	208,4	279,1	255,4	208,4	279,1	255,5	208,4	279,1	255,5	208,4
4070	6H20	42	284,3	221,5	256,0	284,3	221,4	255,9	284,3	221,4	255,9	284,3	221,3	255,8	284,4	221,4	255,8
4070	4H13	85	288,4	239,9	284,0	288,3	239,8	283,9	288,2	239,8	283,1	288,1	239,8	283,0	288,0	239,7	283,0
4070	4H13	88	301,1	242,5	290,9	300,9	242,4	290,9	300,6	242,3	290,8	300,3	242,3	290,8	300,1	242,3	290,8
4070	4H13	94	284,4	253,9	283,1	284,1	253,9	283,1	283,8	253,8	283,2	283,3	253,6	283,3	282,9	253,4	283,6
4070	4H13	98	272,6	259,0	295,0	272,3	258,9	294,3	271,8	258,9	294,2	271,2	258,8	294,1	270,8	258,7	293,9
4070	4H13	105	294,4	246,6	277,1	294,7	246,6	277,1	294,7	246,6	277,8	294,7	246,5	277,8	294,7	246,5	278,2

Tabla 14 Mediciones de velocidad de deformación (cm/día)

			VELOCIDAD DE DEFORMACIÓN (cm/día)												Velocidad Promedio (cm/día)	Velocidad Promedio (cm/día)	Velocidad Promedio (cm/día)
			9	9	9	17	17	17	30	30	30	37	37	37			
NIVEL	TIPO DE CIMBRA	CIMBRA N°	14-nov			22-nov			05-dic			12-dic					
			AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC	AC	AB	BC
4070	THN-21	2 Ω	0,01	0,19	-0,01	0,02	0,12	-0,01	0,01	0,07	-0,01	0,01	0,00	-0,01	0,01	0,10	-0,01
4070	THN-21	4 Ω	0,00	0,17	1,15	0,02	0,13	0,63	0,02	0,09	0,37	0,03	0,01	0,30	0,02	0,10	0,61
4070	THN-21	6 Ω	0,04	0,03	0,03	0,03	0,02	0,03	0,02	0,01	0,03	0,01	0,01	0,03	0,02	0,02	0,03
4070	THN-21	10 Ω	0,02	0,06	0,01	0,03	0,20	0,02	0,02	0,13	0,01	0,02	0,13	0,02	0,03	0,13	0,01
4070	OCTOGONAL	12	0,16	0,30	0,09	0,12	0,20	0,08	0,10	0,18	0,07	0,09	0,20	0,08	0,12	0,22	0,08
4070	OCTOGONAL	14	-0,02	0,33	0,06	-0,02	0,20	0,07	-0,07	0,12	0,08	-0,08	0,03	0,10	-0,05	0,17	0,08
4070	OCTOGONAL	19	-0,06	0,20	0,08	-0,06	0,15	0,07	-0,09	0,12	0,06	-0,07	0,11	0,07	-0,07	0,15	0,07
4070	OCTOGONAL	20	-0,08	0,00	0,05	-0,04	0,03	0,05	-0,06	0,02	0,05	-0,06	0,01	0,05	-0,06	0,01	0,05
4070	OCTOGONAL	22	-0,23	0,02	0,02	-0,23	0,02	0,02	-0,22	0,01	0,01	-0,23	0,03	0,02	-0,23	0,02	0,02
4070	6H20	28	0,00	-0,05	0,00	0,00	-0,03	-0,03	0,00	-0,02	-0,03	-0,01	-0,02	-0,03	0,00	0,03	-0,02
4070	6H20	32	-0,01	0,01	-0,01	-0,01	0,01	-0,01	-0,03	0,01	-0,01	-0,03	0,01	-0,03	-0,02	0,01	-0,01
4070	6H20	34	-0,01	0,02	-0,07	-0,01	0,01	-0,04	-0,01	0,01	-0,02	-0,01	0,08	-0,02	-0,01	0,03	-0,04
4070	6H20	36	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
4070	6H20	38	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,01
4070	6H20	40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4070	6H20	42	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
4070	4H13	85	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05	0,01	0,01	0,03	0,01	0,00	0,03	0,01	0,01	0,03
4070	4H13	88	0,03	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,03	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,03	0,01	0,00
4070	4H13	94	0,03	0,00	0,00	0,03	0,01	-0,01	0,04	0,01	-0,01	0,04	0,02	-0,01	0,04	0,01	-0,01
4070	4H13	98	0,03	0,01	0,08	0,04	0,01	0,04	0,04	0,01	0,03	0,05	0,01	0,03	0,04	0,01	0,05
4070	4H13	105	-0,03	0,00	0,00	-0,01	0,00	-0,04	-0,01	0,00	-0,02	-0,01	0,00	-0,03	-0,01	0,00	-0,02
												Cimbra THN-21			0,02	0,09	0,16
												Cimbra Octogonal			-0,06	0,11	0,06
												Cimbra 6H20			0,00	0,01	-0,01
												Cimbra 4H13			0,02	0,01	0,01

Tabla 15 Mediciones ancho (cm)

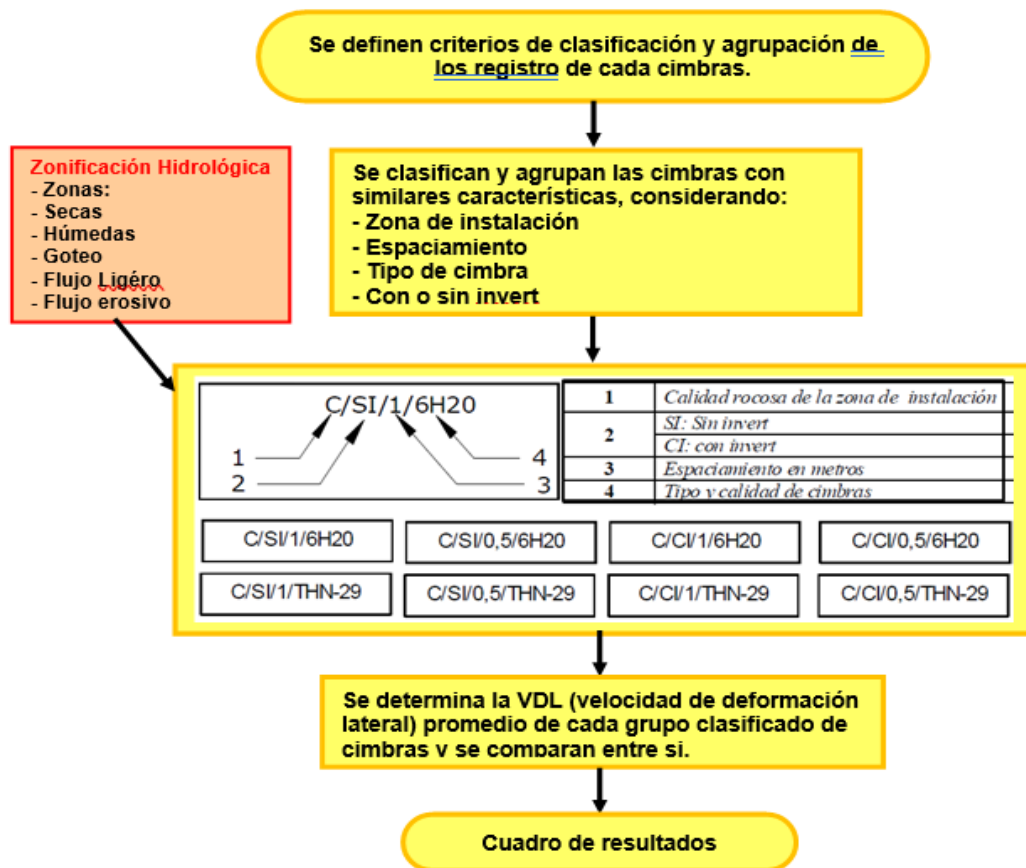
NIVEL	N° CIMBRA	TIPO CIMBRA	ZONA	ANCHO (cm)																
					5	16	20	28	35	43	56	69	76	90	97	110	117	133	145	155
				19-jul	24-jul	04-ago	08-ago	16-ago	23-ago	31-ago	13-sep	26-sep	03-oct	17-oct	24-oct	06-nov	13-nov	29-nov	11-dic	21-dic
3990	26	6H20	B-C	285,0	284,6	283,3	283,2	282,6	282,3	281,3	277,6	275,2	273,8	270,2	268,1	262,4	261,8	249,7	347,4	
3990	27	6H20	B-C	298,6	298,8	298,3	297,8	295,2	294,4	294,8	292,6	291,0	289,7	287,3	286,0	283,8	281,8	278,9	375,3	
3990	28	6H20	B-C	295,3	295,3	294,6	294,4	293,8	293,1	292,0	290,1	287,7	286,8	285,4	284,2	282,7	280,2	275,1	269,0	
3990	29	6H20	B-C	300,9	300,4	299,7	297,6	297,1	297,0	296,8	296,5	295,2	294,3	292,9	291,1	289,5	287,2	285,2	281,2	275,7
3990	30	6H20	B-C	294,5	294,9	294,4	294,3	294,1	293,5	292,3	291,2	290,1	289,3	288,2	287,2	285,4	283,9	281,7	277,6	274,3
3990	31	6H20	B-C	301,9	302,4	301,8	301,7	301,5	301,2	300,1	299,4	298,3	297,6	296,1	295,7	294,1	292,8	291,3	287,8	284,4
3990	32	6H20	C	301,2	301,5	301,1	300,8	300,7	300,4	299,1	299,0	297,9	297,1	296,0	295,0	293,9	292,2	290,4	288,3	285,6
3990	33	6H20	C	296,8	296,7	296,3	296,1	295,9	295,7	295,0	294,1	292,8	292,0	290,4	289,6	288,1	286,3	285,6	284,0	283,1
3990	34	4H13	C	298,3	298,1	297,8	297,6	297,5	297,3	296,3	295,2	293,6	292,6	289,9	287,4	283,0	276,4	351,1	351,1	350,4
3990	35	4H13	C	293,1	293,0	292,5	292,4	292,0	291,6	290,6	289,8	288,2	287,5	286,1	284,9	282,6	280,6	351,9	352,5	352,3
3990	36	4H13	C	290,1	289,9	289,5	289,1	288,9	288,6	287,9	286,9	286,0	285,3	283,8	282,7	280,5	278,6			
3990	37	4H13	C	292,7	292,7	292,3	292,0	291,9	291,7	291,2	290,7	289,9	289,3	288,5	288,0	285,6	284,7			
3990	38	6H20	C	293,2	292,7	292,3	291,9	291,8	291,6	291,7	290,2	289,2	289,1	288,2	287,2	285,5	283,5	283,6	282,0	280,4
3990	39	6H20	C	297,4	297,2	296,8	296,6	296,4	296,0	295,6	294,6	293,8	293,1	291,6	291,1	287,7	287,9	285,2	282,2	279,6
3990	40	6H20	C	301,0	301,0	300,7	300,6	300,5	300,3	299,5	299,2	298,0	297,7	297,0	295,7	293,9	292,6	289,1	286,1	282,9
3990	41	6H20	C	295,1	295,0	294,8	294,7	294,6	294,4	293,7	293,3	292,9	292,4	291,9	291,4	291,0	290,0	288,8	286,8	284,8
3990	42	6H20	C	294,4	294,1	292,4	292,3	292,1	291,8	292,3	291,3	290,1	289,7	288,6	287,9	286,9	285,0	283,9	279,8	276,1
3990	43	6H20	C	302,3	301,5	300,8	300,7	300,6	300,3	299,9	298,9	298,1	297,5	296,4	295,8	294,8	294,0	292,6	290,2	287,9
3990	44	6H20	C	301,6	301,4	300,7	300,5	300,3	300,1	299,5	298,2	298,0	297,4	296,5	295,9	296,5	296,3	296,8	296,5	295,3
3990	45	6H20	C	298,5	299,3	298,7	298,2	297,6	297,5	296,8	295,7	295,1	295,0	294,3	291,4	355,9	355,5	354,4	354,0	352,7
3990	46	6H20	C	298,6	298,6	298,1	298,0	297,7	297,4	297,5	296,2	295,9	295,7	294,6	287,9	355,4	356,0	355,0	353,1	352,9
3990	47	6H20	C	297,6	297,4	296,8	296,7	295,8	295,6	295,7	294,6	294,0	293,8	292,4	292,3					
3990	48	6H20	C	300,5	300,4	301,3	299,9	299,7	299,4	298,6	298,0	297,2	297,1	296,0	295,9					
3990	49	6H20	C	302,8	302,4	302,6	302,5	302,4	302,2	301,7	300,1	300,5	300,2	299,7	299,5	298,9	298,2	297,5	296,9	295,4
3990	50	6H20	C	306,6	306,5	304,8	304,7	304,6	304,3	304,2	303,6	302,9	302,6	301,9	301,6	300,5	299,2	297,8	295,5	293,3
3990	51	6H20	C	308,6	308,0	308,7	308,6	308,5	308,3	308,8	309,1	309,9	309,3	309,1	309,0	308,9	311,6	313,4	313,8	312,8

Tabla 16 Mediciones de velocidad de deformación (cm/día)

NIVEL	Nº CIMBRA	TIPO CIMBRA	ZONA	VELOCIDAD (cm/día)																Velocidad Promedio(cm/día)
				5	16	20	28	35	43	56	69	76	90	97	110	117	133	145	155	
				24-jul	04-ago	08-ago	16-ago	23-ago	31-ago	13-sep	26-sep	03-oct	17-oct	24-oct	06-nov	13-nov	29-nov	11-dic	21-dic	
3990	26	6H20	B-C	0,08	0,12	0,03	0,07	0,04	0,13	0,28	0,18	0,20	0,26	0,30	0,44	0,09	0,76			0,21
3990	27	6H20	B-C	0,04	0,05	0,13	0,33	0,11	0,05	0,17	0,12	0,19	0,17	0,19	0,17	0,29	0,18			0,14
3990	28	6H20	B-C	0,00	0,06	0,05	0,07	0,10	0,14	0,15	0,18	0,13	0,10	0,17	0,12	0,36	0,32	0,51		0,16
3990	29	6H20	B-C	0,10	0,06	0,52	0,06	0,01	0,02	0,02	0,10	0,13	0,10	0,26	0,12	0,33	0,13	0,33	0,55	0,18
3990	30	6H20	B-C	0,08	0,05	0,02	0,02	0,09	0,15	0,08	0,08	0,11	0,08	0,14	0,14	0,21	0,14	0,34	0,33	0,12
3990	31	6H20	B-C	0,10	0,05	0,03	0,02	0,04	0,14	0,05	0,08	0,10	0,11	0,06	0,12	0,19	0,09	0,29	0,34	0,10
3990	32	6H20	C	0,06	0,04	0,08	0,01	0,04	0,16	0,01	0,08	0,11	0,08	0,14	0,08	0,24	0,11	0,17	0,27	0,10
3990	33	6H20	C	0,02	0,04	0,05	0,03	0,03	0,09	0,07	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,26	0,04	0,13	0,09	0,09
3990	34	4H13	C	0,04	0,03	0,05	0,01	0,03	0,13	0,08	0,12	0,14	0,19	0,36	0,34	0,94		0,00	0,07	0,17
3990	35	4H13	C	0,02	0,05	0,03	0,05	0,06	0,13	0,06	0,12	0,10	0,10	0,17	0,18	0,29		0,05	0,02	0,09
3990	36	4H13	C	0,04	0,04	0,10	0,03	0,04	0,09	0,08	0,07	0,10	0,11	0,16	0,17	0,27				0,10
3990	37	4H13	C	0,00	0,04	0,08	0,01	0,03	0,06	0,04	0,06	0,09	0,06	0,07	0,18	0,13				0,06
3990	38	6H20	C	0,10	0,04	0,10	0,01	0,03	0,01	0,12	0,08	0,01	0,06	0,14	0,13	0,29	0,01	0,13	0,16	0,09
3990	39	6H20	C	0,04	0,04	0,05	0,03	0,06	0,05	0,08	0,06	0,10	0,11	0,07	0,26	0,03	0,17	0,25	0,26	0,10
3990	40	6H20	C	0,00	0,03	0,02	0,01	0,03	0,10	0,02	0,09	0,04	0,05	0,19	0,14	0,19	0,22	0,25	0,32	0,11
3990	41	6H20	C	0,02	0,02	0,03	0,01	0,03	0,09	0,03	0,03	0,07	0,04	0,07	0,03	0,14	0,07	0,17	0,20	0,07
3990	42	6H20	C	0,06	0,15	0,02	0,02	0,04	0,06	0,08	0,09	0,06	0,08	0,10	0,08	0,27	0,07	0,34	0,37	0,11
3990	43	6H20	C	0,16	0,06	0,03	0,01	0,04	0,05	0,08	0,06	0,09	0,08	0,09	0,08	0,11	0,09	0,20	0,23	0,09
3990	44	6H20	C	0,04	0,06	0,05	0,02	0,03	0,08	0,10	0,02	0,09	0,06	0,09	0,05	0,03	0,03	0,03	0,12	0,05
3990	45	6H20	C		0,05	0,13	0,07	0,01	0,09	0,08	0,05	0,01	0,05	0,41		0,06	0,07	0,03	0,13	0,09
3990	46	6H20	C	0,00	0,05	0,03	0,04	0,04	0,01	0,10	0,02	0,03	0,08	0,96		0,09	0,06	0,16	0,02	0,10
3990	47	6H20	C	0,04	0,05	0,03	0,11	0,03	0,01	0,08	0,05	0,03	0,10	0,01						0,05
3990	48	6H20	C	0,02	0,08	0,35	0,02	0,04	0,10	0,05	0,06	0,01	0,08	0,01						0,06
3990	49	6H20	C	0,08	0,02	0,03	0,01	0,03	0,06	0,12	0,03	0,04	0,04	0,03	0,05	0,10	0,04	0,05	0,15	0,05
3990	50	6H20	C	0,02	0,15	0,03	0,01	0,04	0,01	0,05	0,05	0,04	0,05	0,04	0,08	0,19	0,09	0,19	0,22	0,08
3990	51	6H20	C	0,12	0,06	0,02	0,01	0,03	0,06	0,02	0,06	0,09	0,01	0,01	0,01	0,39	0,11	0,03	0,10	0,02

Procesamiento de datos de campo

Figura 36 Metodología Del Procesamiento De Datos



4.2.4. Efectos de los factores influyentes en la duración de las cimbras

Inestabilidad de la masa rocosa

En los yacimientos se pueden atribuir la inestabilidad rocosa a los siguientes factores:

- Nivel muy malo para el cuerpo de rocas mineralizado y nivel malo para el material encajonante.
- Yacimiento con un perfil de deformabilidad muy alto “squeezing rock”
- Material rocoso con un perfil expansivo “swelling rock”, especialmente en el material que presentan alteraciones argílicas y las propilítica en menor proporción.

- Material rocoso con características propias del contacto con agua a nivel subterráneo, hinchamiento y deformación del material.

El método de minado debe adaptarse a estas condiciones que de manera natural pueden presentar un yacimiento, las que no pueden ser controladas con excepción del agua a nivel subterráneo.

Presencia de agua subterránea

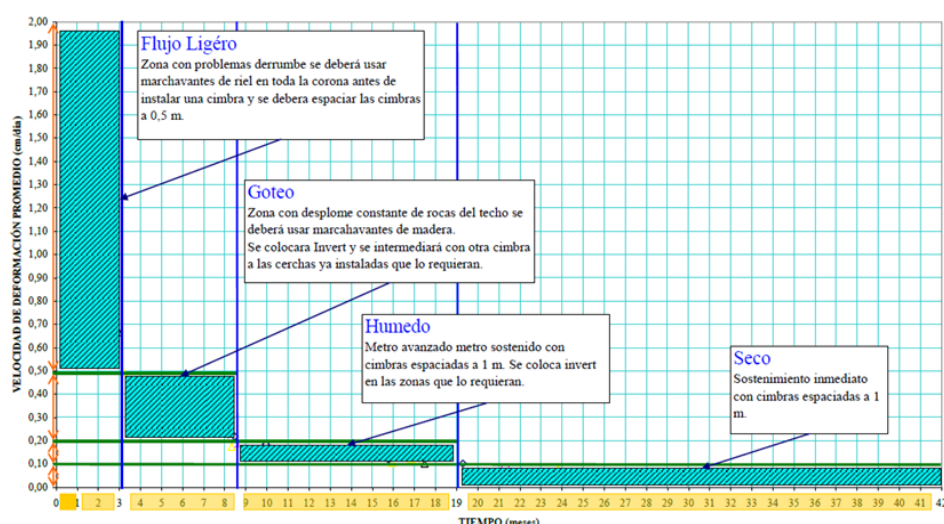
Tabla 17 *Influencia del agua subterránea en el Tiempo de vida de las cimbras.*

CAUDAL Q (L/S)	DESCRIPCIÓN	VELOCIDAD PROMEDIO DE DEFORMACIÓN (CM/DIA)	TIEMPO DE VIDA DE LAS CIMBRAS (MESES)
0 - 0,25	Seco	0 - 0,1	> 19
0,25-0,5	Húmedo	0,1 - 0,2	8,5 – 19
0,5 - 1 l/s en 10 m	Goteo	0,2 - 0,5	3 - 8,5
1 - 2,0 l/s en 10 m	Flujo Ligero	0,5 - 3	0 – 3
> 2,0 l/s en 10 m	Flujo	> 3	Erosivo Se debe reducir el flujo

Estos datos fueron obtenidos a partir de medir los segmentos AC de las cimbras en los niveles 3910 y 3930.

Influencia del agua subterránea en el tiempo de vida de las cimbras

Figura 37 *Tiempo de vida de las cimbras vs. Velocidad de deformación bajo la influencia del agua subterránea.*



Este grafico se elaboró a partir de los datos de la tabla anterior

Método de minado

A partir de las evaluaciones en el campo y los datos a disposición por parte de los informes elaborados para la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada por parte de sus consultores se pueden atribuir los siguientes factores determinantes para el **método de minado**.

El proceso de minado induce esfuerzos que no pueden ser resistidos por el yacimiento, aunque dichos esfuerzos presenten una magnitud baja relativamente.

El esquema de minado que abarca la localización, morfología y orientaciones de las operaciones excavación y de los demás factores estructurales como son los pilares o los puentes.

La secuencia de avance del minado que comprende el orden de extracción del material minado en los tajeos.

Los métodos de perforación y voladura aplicados que no permiten obtener un nivel adecuado y homogéneo de fragmentación que pueda ser extendió a la totalidad del minado. Lo que dificulta la continuidad del flujo de material y afecta la eficiencia de las cimbras lo cual es un potencial riesgo operativo.

4.2.5. Costos de materiales y de instalación

Los principales insumos utilizados para el sostenimiento en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada. son:

Costos de insumos

Tabla 18 Precio de los insumos al 2022 en la Compañía Minera Ares unidad
Inmaculada

DESCRIPCION	US\$	UNID.
CIMBRA THN-29" 3.0m3.0m, 29 kg/m 2Pzas	457,6	POR JUEGO
CIMBRA H6" 3.0m3.0m, 20 lb/pie 2Pzas	405,5	POR JUEGO
CIMBRA THN-29" 3.25m3.0m, 29 kg/m 2Pzas	440,00	POR JUEGO
SOLERA INVERTIDA (Viga)	37,50	METRO
SOLERA INVERTIDA DESLIZANTE	330,10	JUEGO

Costos de instalación

Entre los principales factores que intervienen en el costo del proceso de instalación de las cimbras se encuentran los siguientes: Si la cimbra incluye invert o espaciamiento. En cuanto a los detalles de este aspecto se pueden revisar en la tabla 20 referida a Los requerimientos para la instalación de cimbras y sus costos.

Tabla 19 Costos por metro de avance para los diferentes tipos de cimbra usados

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	COSTO	COSTO x CIMBRA	Cimbra simple 6H20 3x3m	Cimbra simple THN-29 3x3m	Cimbra simple THN-29 3,25x3m	Cimbra simple + Invert 6H20 3x3m	Cimbra simple + Invert THN-29 3x3m	Cimbra simple + Invert THN-29 3,25x3m	Cimbra simple + Invert + intermediado 6H20 3x3m	Cimbra simple + Invert + intermediado THN-29 3x3m	Cimbra simple + Invert + intermediado THN-29 3,25x3m
Galería 3.0 m x 3.0 m (Jackleg=Scoop)- Roca tipo C	US\$/m	221,98	222,0	222,0	221,98	221,98	222,0	222,0	222,0	222,0	222,0	222,0
Colocación de cimbras 6w20 - (4.5m x 3.0m - 3.5 m x 3.0m - 3.0m x 3.0m)	US \$ / un	611,78	611,8	611,8			611,8			611,8		
Enmaderado de cimbras (enrejado y encribado)	US \$ / un	8,22	49,3	49,3	49,3	49,3	49,3	49,3	49,3	49,3	49,3	49,3
Colocación de cimbras thn-29 (3.0m x 3.0m)	US \$ / un	677,80	677,8		677,80			677,8			677,8	
Colocación de cimbras thn-29 - (3,25m x 3.0m)	US \$ / m2	655,48	655,5			655,48			655,5			655,5
Colocación de marchavante de madera	US \$ / un	22,59	67,8									
Colocación de marchavante de riel	US \$/un	194,97	974,9									
Colocación de solera invertida (invert)	US \$ / un	177,41	177,4				177,4	177,4	177,4	177,4	177,4	177,4
Retiro de cimbras antiguas	US \$ / un	171,90	171,90									
Instalación cimbras de refuerzo THN-29 - (3.0m x 3.0m)	US \$ / un	678,29	727,59							678,29	727,59	727,59
COSTO TOTAL				883,1	949,1	926,8	1060,5	1126,5	1104,2	1738,8	1854,1	1831,8

Tabla 20 Costo de colocación de cimbras 6H20 (4.5m x 3.0m, 3.5m x 3m, 3m x 3m)

TIPO DE ROCA		C	
TIPO DE SOSTENIMIENTO		Cimbra 6H20	
EQUIPO DE TRANSPORTE		Scoop de 2.2 Yd 3	
RENDIMIENTO		2.0	cimbras/guardia
TC =		3.20	Soles/US\$

1.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
CIMBRERO	1	TAREA	1	27.05	27.05	13.53
AYUDANTE CIMBRERO	2	TAREA	1	25.20	50.39	25.20
AYUDANTE CIMBRERO	1	TAREA	1/4	25.20	6.30	3.15
BODEGUERO	1	TAREA	1/4	23.34	5.83	2.92
JEFE DE GUARDIA	1	TAREA	1/4	65.65	16.41	8.21
RESIDENTE	2	TAREA	1/15	110.84	14.78	7.39
INGENIERO SEGURIDAD	1	TAREA	1/30	65.65	2.19	1.09
SUB TOTAL	3.9				122.95	61.48

2.- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
PIES PERFORADOS		PIES	0.15	0.00	0.00
CIMBRA H6" 3.0m3.0m, 20 lb/pie 2Pzas	2	JUEGO	405.48	810.95	405.475
SUB TOTAL				810.95	405.48

3.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
SCOOPTRAM 2.2 yd3	0.51	HORA	36.07	18.40	9.20
SUB TOTAL				18.40	9.20

4.- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
HERRAMIENTAS	3.3	TAREA	1.58	5.13	2.56
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD	3.9	TAREA	2.31	9.05	4.53
SUB TOTAL				14.18	7.09

COSTO DIRECTO				966.49	483.24
GASTOS GENERALES		18.60%		179.75	89.87
UTILIDADES		8.00%		77.32	38.66
TOTAL COSTO				1,223.55	611.78

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc, hacia nuestros frentes en avance.

Tabla 21 Costo de colocación de cimbras THN-29 (3m x3m)

PARAMETROS PRINCIPALES

TIPO DE ROCA		C	
TIPO DE SOSTENIMIENTO		Cimbra 6H20	
EQUIPO DE TRANSPORTE		Scoop de 2.2 Yd 3	
RENDIMIENTO		2.0	cimbras/guardia
TC =		3.20	Soles/US\$

1.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
CIMBRERO	1	TAREA	1	27.05	27.05	13.53
AYUDANTE CIMBRERO	2	TAREA	1	25.20	50.39	25.20
AYUDANTE CIMBRERO	1	TAREA	1/4	25.20	6.30	3.15
BODEGUERO	1	TAREA	1/4	23.34	5.83	2.92
JEFE DE GUARDIA	1	TAREA	1/4	65.65	16.41	8.21
RESIDENTE	2	TAREA	1/15	110.84	14.78	7.39
INGENIERO SEGURIDAD	1	TAREA	1/30	65.65	2.19	1.09
SUB TOTAL	3.9				122.96	61.48

2.- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
PIES PERFORADOS		PIES	0.16	0.00	0.00
CIMBRA THN-29* 3.0m3.0m, 20 kg/m 2P	2	JUEGO	457.62	915.2	457.6

SUB TOTAL				915.25	457.62
-----------	--	--	--	--------	--------

3.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
SCOOPTRAM 2.2 yd3	0.51	HORA	36.07	18.40	9.20
SUB TOTAL				18.40	9.20

4.- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
HERRAMIENTAS	3.3	TAREA	1.58	5.13	2.56
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD	3.9	TAREA	2.31	9.05	4.53
SUB TOTAL				14.18	7.09

COSTO DIRECTO				1,070.78	535.39
---------------	--	--	--	----------	--------

GASTOS GENERALES		18.60%		199.15	99.57
UTILIDADES		8.00%		85.69	42.83

TOTAL COSTO				1,355.59	677.80
-------------	--	--	--	----------	--------

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc. hacia nuestros frentes en avance.

Tabla 22 Costo de colocación de cimbras THN-29 (3.25m X 3m)

PARAMETROS PRINCIPALES

TIPO DE ROCA		C	
TIPO DE SOSTENIMIENTO		Cimbra 6H20	
EQUIPO DE TRANSPORTE		Scoop de 2.2 Yd 3	
RENDIMIENTO		2.0	cimbras/guardia
TC *		3.20	Soles/US\$

1.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
CIMBRERO	1	TAREA	1	27.05	27.05	13.53
AYUDANTE CIMBRERO	2	TAREA	1	25.20	50.39	25.20
AYUDANTE CIMBRERO	1	TAREA	1/4	25.20	6.30	3.15
BODEGUERO	1	TAREA	1/4	23.34	5.83	2.92
JEFE DE GUARDIA	1	TAREA	1/4	65.65	16.41	8.21
RESIDENTE	2	TAREA	1/15	110.84	14.78	7.39
INGENIERO SEGURIDAD	1	TAREA	1/30	65.65	2.19	1.09
SUB TOTAL	3.9				122.96	61.48

2.- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
PIES PERFORADOS		PIES	0.16	0.00	0.00
CIMBRA THN-29' 3.25m3.0m, 29 kg/m 2Pzas	2	JUEGO	440.00	880	440
SUB TOTAL				880.00	440.00

3.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
SCOOPTRAM 2.2 yd3	0.51	HORA	36.07	18.40	9.20
SUB TOTAL				18.40	9.20

4.- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
HERRAMIENTAS	3.3	TAREA	1.56	5.13	2.56
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD	3.9	TAREA	2.31	9.05	4.53
SUB TOTAL				14.18	7.09

COSTO DIRECTO				1,035.54	517.77
GASTOS GENERALES		18.60%		192.59	96.30
UTILIDADES		8.00%		82.84	41.42
TOTAL COSTO				1,310.97	655.48

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc, hacia nuestros frentes en avance.

Tabla 23 Enmaderado de cimbras (Enrejado y encribado)

PARAMETROS PRINCIPALES

TIPO DE ROCA		C
TIPO DE SOSTENIMIENTO		Cimbra
EQUIPO DE TRANSPORTE		Scoop de 2.2 Yd 3
RENDIMIENTO		47.1 m2/guardia
TC *		3.20 Soles/US\$

1- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO M2 US\$ / m2
ENMADERADOR	1	TAREA	1	27.05	27.05	0.57
AYUDANTE DE ENMADERADOR	2	TAREA	1	25.20	50.39	1.07
ASERRADOR	1	TAREA	1/2	23.60	11.98	0.25
BODEGUERO	1	TAREA	1/5	23.34	4.67	0.10
JEFE DE GUARDIA	1	TAREA	1/5	65.65	13.13	0.28
RESIDENTE	1	TAREA	1/15	110.84	7.39	0.16
SUB TOTAL	4.0				114.61	2.43

2- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD		C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO M2 US\$ / m2
Madera aserrada	47	m2		2.83	133.33	2.83
					0.00	0.00
					0.00	0.00
					0.00	0.00
SUB TOTAL					133.33	2.83

3- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD		C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO M2 US\$ / m2
SCOOPTRAM 2.2 yd3	1.00	HORA		36.07	36.07	0.84
MOTOSIERRA	3.00	HORA		1.20	3.60	0.08
SUB TOTAL					42.98	0.91

4- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD		C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO M2 US\$ / m2
HERRAMIENTAS	3.5	TAREA		1.58	5.52	0.12
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD	4.0	TAREA		2.31	9.17	0.19
SUB TOTAL					14.69	0.31

COSTO DIRECTO					305.62	6.49
GASTOS GENERALES		18.00%			56.84	1.21
UTILIDADES		8.00%			24.45	0.52
TOTAL COSTO					386.90	8.22

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc, hacia nuestros frentes en avance.

Tabla 24 Colocación de marchavante de riel

PARAMETROS PRINCIPALES

TIPO DE ROCA	C
TIPO DE SOSTENIMIENTO	Cimbra
EQUIPO DE TRANSPORTE	Scoop de 2.2 Yd 3
RENDIMIENTO	5.0
TC =	3.20

marchavantes/guardia
Soles/US\$

1.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
CIMBRERO	1.0	TAREA	1	27.09	27.09	5.41
AYUDANTE CIMBRERO	2.0	TAREA	1	25.20	50.39	10.08
BODEGUERO	1.0	TAREA	1/5	23.34	4.67	0.93
JEFE DE GUARDIA	1.0	TAREA	1/5	65.65	13.13	2.63
RESIDENTE	1	TAREA	1/15	110.84	7.39	1.48
SUB TOTAL	3.5				102.63	20.53
2.- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD		C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
PIES PERFORADOS		PIES		0.16	0.00	0.00
RIEL DE 75 LB/YD	15	m		40.00	600.00	120.00
SUB TOTAL					600.00	120.00
3.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD		C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
SCOOPTRAM 2.2 yd3 -Transp mat.	0.51	HORA		36.07	18.40	3.68
SCOOPTRAM 2.2 yd3 -Instalacion	1.00	HORA		36.07	35.99	7.19
SUB TOTAL					54.35	10.87
4.- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD		C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
HERRAMIENTAS	3.2	TAREA		1.58	5.06	1.01
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD	3.5	TAREA		2.31	8.01	1.60
SUB TOTAL					13.06	2.61
COSTO DIRECTO					770.04	154.01
GASTOS GENERALES		18.60%			143.21	28.64
UTILIDADES		8.00%			61.60	12.32
TOTAL COSTO					974.86	194.97

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc. hacia nuestros frentes en avance.

Tabla 25 Colocación de marchavante de madera

PARAMETROS PRINCIPALES

TIPO DE ROCA		C	
TIPO DE SOSTENIMIENTO		Cimbra	
EQUIPO DE TRANSPORTE		Scoop de 2.2 Yd3	
RENDIMIENTO		10.0	marchavantes/guardia
TC =		3.20	Soles/US\$

1.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
CIMBRERO	1.0	TAREA	1	27.05	27.05	2.71
AYUDANTE CIMBRERO	2.0	TAREA	1	25.20	50.39	5.04
BODEGUERO	1.0	TAREA	1/5	23.34	4.67	0.47
JEFE DE GUARDIA	1.0	TAREA	1/5	65.65	13.13	1.31
RESIDENTE	1	TAREA	1/15	110.84	7.39	0.74
SUB TOTAL	3.5				102.63	10.26

2.- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD		C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
Marchavante	10	UNID		4.19	41.94	4.19
SUB TOTAL					41.94	4.19

3.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD		C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
SCOOPTRAM 2.2 yd3 -Transp mat.	0.51	HORA		36.07	18.40	1.84
SUB TOTAL					18.40	1.84

4.- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD		C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
HERRAMIENTAS	3.2	TAREA		1.58	5.05	0.50
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD	3.5	TAREA		2.31	8.01	0.80
SUB TOTAL					13.06	1.31
COSTO DIRECTO					176.03	17.60
GASTOS GENERALES		18.60%			32.74	3.27
UTILIDADES		8.00%			14.08	1.41

TOTAL COSTO					222.85	22.59
-------------	--	--	--	--	--------	-------

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc, hacia nuestros frentes en avance.

Tabla 26 Retirado de cimbras antiguas

PARAMETROS PRINCIPALES

TIPO DE ROCA
EQUIPO DE TRANSPORTE
RENDIMIENTO
TC =

C
Scoop de 2.2 Yd 3
1.0
3.20

cimbra/guardia
Soles/US\$

1.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA RET US\$/UNIDAD
CIMBRERO	1.0	TAREA	3/4	27.05	20.29	20.29
AYUDANTE CIMBRERO	1.0	TAREA	3/4	25.20	18.90	18.90
SOLDADOR	1.0	TAREA	1/2	27.05	13.53	13.53
AYUDANTE SOLDADOR	1.0	TAREA	1/2	25.20	12.60	12.60
AYUDANTE	1.0	TAREA	3/4	25.20	18.90	18.90
BODEGUERO	1.0	TAREA	1/5	23.34	4.67	4.67
JEFE DE GUARDIA	1.0	TAREA	1/5	65.65	13.13	13.13
INGENIERO SEGURIDAD	1.0	TAREA	1/30	65.65	2.19	2.19
RESIDENTE	1.0	TAREA	1/15	110.84	7.39	7.39
SUB TOTAL	3.8				111.58	111.58

2.- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA RET US\$/UNIDAD
PIES PERFORADOS		PIES	0.16	0.00	0.00
DINAMITA SEMEXA 65% 7/8" X 7"		UNIDADES	0.13	0.00	0.00
CARMEX DE 5 PIES		MTS	0.30	0.00	0.00
MECHA RAPIDA Z19		MTS	0.24	0.00	0.00
SUB TOTAL				0.00	0.00

3.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA RET US\$/UNIDAD
SCOOPTRAM 2.2 yd3 -Transp.mat.	0.53	HORA	36.07	19.07	19.07
SUB TOTAL				19.07	19.07

4.- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA RET US\$/UNIDAD
HERRAMIENTAS	3.3	TAREA	1.58	5.13	5.13
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD		TAREA	2.31	0.00	0.00
SUB TOTAL				5.13	5.13

COSTO DIRECTO 135.78 135.78

GASTOS GENERALES	18.60%	25.25	25.25
UTILIDADES	8.00%	10.86	10.86

TOTAL COSTO				171.90	171.90
--------------------	--	--	--	---------------	---------------

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc. hacia nuestros frentes en avance.

Tabla 27 Colocación de solera invertida (Invert)

PARAMETROS PRINCIPALES

TIPO DE ROCA	C
TIPO DE SOSTENIMIENTO	Reforzamiento
EQUIPO DE TRANSPORTE	Scoop de 2.2 Yd 3
RENDIMIENTO	6.0
TC =	3.20

Invert/guardia
Soles/US\$

1.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
CIMBRERO	1	TAREA	1	27.05	27.05	4.51
AYUDANTE CIMBRERO	1	TAREA	1	25.20	25.20	4.20
SOLDADOR	1	TAREA	1/2	27.05	13.53	2.25
BODEGUERO	1	TAREA	1/5	23.34	4.67	0.78
JEFE DE GUARDIA	1	TAREA	1/5	65.65	13.13	2.19
RESIDENTE	1	TAREA	1/15	110.84	7.39	1.23
SUB TOTAL	3.0				90.96	15.16

2.- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
PIES PERFORADOS		PIES	0.16	0.00	0.00
RIEL DE 75 LB/YD	18	m	40.00	720.00	120.00
				0.00	0.00
				0.00	0.00
SUB TOTAL				720.00	120.00

3.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
SCOOPTRAM 2.2 yd3	0.53	HORA	36.07	19.07	3.18
SUB TOTAL				19.07	3.18

4.- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
HERRAMIENTAS	2.5	TAREA	1.58	3.94	0.66
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD	3.0	TAREA	2.31	6.86	1.14
SUB TOTAL				10.80	1.80

COSTO DIRECTO **\$40.84** **140.14**

GASTOS GENERALES		18.60%		156.38	26.06
UTILIDADES		8.00%		67.27	11.21

TOTAL COSTO				1,064.48	177.41
--------------------	--	--	--	-----------------	---------------

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc. hacia nuestros frentes en avance.

Tabla 28 Instalación de cimbras de refuerzo 6W20 (3.0m X 3.0 m)

PARAMETROS PRINCIPALES

TIPO DE ROCA	C
TIPO DE SOSTENIMIENTO	Cimbra H6
EQUIPO DE TRANSPORTE	Scoop de 2.2 Yd 3
RENDIMIENTO	2.0
TC =	3.20

cimbras/guardia
Soles/US\$

1.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
CIMBRERO	1	TAREA	1	27.05	27.05	13.53
AYUDANTE CIMBRERO	2	TAREA	1	25.20	50.39	25.20
SOLDADOR	1	TAREA	1/2	27.05	13.53	6.76
AYUDANTE SOLDADOR	1	TAREA	1/2	25.20	12.60	6.30
BODEGUERO	1	TAREA	1/5	23.34	4.67	2.33
JEFE DE GUARDIA	1	TAREA	1/5	65.65	13.13	6.56
RESIDENTE	1	TAREA	1/15	110.64	7.39	3.69
INGENIERO SEGURIDAD	1	TAREA	1/30	65.65	2.19	1.09
SUB TOTAL	4.5				130.94	65.47

2.- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
PIES PERFORADOS		PIES	0.16	0.00	0.00
CIMBRA H6" 3.0m3.0m, 20 lb/pie 2Pzas	2	POR JUEGO	405.48	810.95	405.48
SUB TOTAL				810.95	405.48

3.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
SCOOPTRAM 2.2 yd3	0.53	HORA	36.07	19.07	9.54
SUB TOTAL				19.07	9.54

4.- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
HERRAMIENTAS	4.0	TAREA	1.58	6.31	3.15
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD	0.0	TAREA	2.31	0.00	0.00
SUB TOTAL				6.31	3.15

COSTO DIRECTO				967.27	483.64
GASTOS GENERALES		18.60%		179.89	89.95
UTILIDADES		8.00%		77.38	38.69
TOTAL COSTO				1,224.55	612.28

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc, hacia nuestros frentes en avance.

Tabla 29 Instalación de cimbras de refuerzo THN-29 (3.0m X 3.0 m)

PARAMETROS PRINCIPALES

TIPO DE ROCA	C
TIPO DE SOSTENIMIENTO	Cimbra H6
EQUIPO DE TRANSPORTE	Scoop de 2.2 Yd 3
RENDIMIENTO	2.0 cimbras/guardia
TC =	3.20 Soles/US\$

1.- MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	INCIDENCIA	C. UNITARIO US\$	COSTO TOTAL US\$	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
CIMBRERO	1	TAREA	1	27.05	27.05	13.53
AYUDANTE CIMBRERO	2	TAREA	1	25.20	50.39	25.20
SOLDADOR	1	TAREA	1/2	27.05	13.53	6.76
AYUDANTE SOLDADOR	1	TAREA	1/2	25.20	12.60	6.30
BODEGUERO	1	TAREA	1/5	23.34	4.67	2.33
JEFE DE GUARDIA	1	TAREA	1/5	65.65	13.13	6.56
RESIDENTE	1	TAREA	1/15	110.84	7.39	3.69
INGENIERO SEGURIDAD	1	TAREA	1/30	65.65	2.19	1.09
SUB TOTAL	4.5				130.94	65.47

2.- MATERIALES	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
PIES PERFORADOS		PIES	0.16	0.00	0.00
CIMBRA THN-29* 3.0mX 3.0m, 29 kg/m 2Pzas.	2	POR JUEGO	457.62	915.25	457.62
SUB TOTAL				915.25	457.62

3.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
SCOOPTRAM 2.2 yd3	0.53	HORA	36.07	19.07	9.54
SUB TOTAL				19.07	9.54

4.- HERRAMIENTAS Y OTROS	CANTIDAD	UNIDAD	C. UNITARIO	COSTO TOTAL	COSTO/CIMBRA US\$/UNIDAD
HERRAMIENTAS	4.0	TAREA	1.58	6.31	3.15
IMPLEMENTOS. DE SEGURIDAD	0.0	TAREA	2.31	0.00	0.00
SUB TOTAL				6.31	3.15

COSTO DIRECTO				1,071.57	535.79
GASTOS GENERALES		18.60%		199.29	99.65
UTILIDADES		8.00%		85.73	42.86
TOTAL COSTO				1,356.59	678.29

NOTA

Sistema de trabajo

1.- 03 guardias / día.

Actividades

2.- Ventilación, regado, desatado, perforación, voladura y limpieza de frente hasta boca mina.

3.- Limpieza de carga producida

4.- Incluye la limpieza y evacuación hasta 500m del frente de avance.

5.- Avance promedio por frente

6.- Instalación de Servicios auxiliares

7.- La tarifa incluye instalación de servicios auxiliares como tuberías para aire comprimido, tuberías para agua, mangas de ventilación, electricidad, etc, hacia nuestros frentes en avance.

4.3. Prueba de Hipótesis

Hipótesis General

Existe suficiente evidencia estadística para afirmar que las variables de estudio como es la caracterización geometalurgica para la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn, Lo cual es reflejado según el análisis de varianza ambos factores presentan el valor de “P” menor a 0.05 (alfa) o valor de significancia, lo cual indica que ninguno de los factores tiene efecto significativo para el objetivo analizado.

Se rechaza la hipotesis nula si: el valor de P es menor que el nivel de significancia:

$$P < 0.05$$

H₀: No Existe suficiente evidencia estadística para sostener que la caracterización influye en la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn del blending de minerales (veta Pozo y Llacsacocha) Pan American Silver Pasco – 2023.

H_a: Existe suficiente evidencia estadística para sostener que la caracterización influye en la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn del blending de minerales (veta Pozo y Llacsacocha) Pan American Silver Pasco – 2023.

Se rechaza la hipotesis nula y se acepta la hipotesis alternativa.

Hipotesis Especifica.

Existe suficiente evidencia estadística para sostener que las propiedades mineralógicas influye significativamente en la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn del blending de minerales (veta Pozo y Llacsacocha) Pan American Silver Pasco – 2024

Hipótesis nula (H₀): No existe suficiente evidencia estadística para sostener que las propiedades mineralógicas influyen significativamente en la

recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn del blending de minerales (veta Pozo y Llacsacocha) Pan American Silver Pasco - 2024.

Hipótesis alternativa (H_a): Existe suficiente evidencia estadística para sostener que las propiedades mineralógicas influyen significativamente en la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn del blending de minerales (veta Pozo y Llacsacocha) Pan American Silver Pasco - 2024.

Criterio de decisión:

Nivel de significancia (α): 0.05

Si el valor de "P" es menor que el nivel de significancia ($P < 0.05$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

Existe suficiente evidencia estadística para sostener que el proceso de flotación influye significativamente en la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn del blending de minerales (veta Pozo y Llacsacocha) Pan American Silver Pasco – 2024.

Hipótesis nula (H_0): No existe suficiente evidencia estadística para sostener que el proceso de flotación influye significativamente en la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn del blending de minerales (veta Pozo y Llacsacocha) Pan American Silver Pasco - 2024.

Hipótesis alternativa (H_a): Existe suficiente evidencia estadística para sostener que el proceso de flotación influye significativamente en la recuperación de Ag, Cu, Pb y Zn del blending de minerales (veta Pozo y Llacsacocha) Pan American Silver Pasco - 2024.

Criterio de decisión:

Nivel de significancia (α): 0.05

Si el valor de "P" es menor que el nivel de significancia ($P < 0.05$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa.

4.4. Discusión de resultados

Para poder llegar a los resultados y analizarlos y poder sacar las conclusiones se ha tenido que realizar la investigación desde 4 aspectos que vienen a ser:

Diseño del sistema de cimbras

Convergencias de las cimbras

Factores en la duración de las cimbras

Costos de instalación

Para lo cual analizaremos cada uno de ellos.

4.4.1. Diseño del sistema de cimbras

Indica la carga que soportaran las cimbras, en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada se tiene tres tipos de zonas rocosas

1. Zona A: Roca masiva, ligeramente fisurado
2. Zona B: Roca medianamente fracturado, bloques algo abiertos
3. Zona C: Roca totalmente triturados, pero químicamente inalterados.

Para el diseño de las cimbras se revisó las siguientes metodologías.

Metodología de Terzaghi (1946) para estimación de las presiones verticales

La fórmula de Protodiakonov para estimación de las presiones laterales.

Metodología de Cemal Biron (1987), que permite realizar una evaluación comparativa de los métodos de diseño adecuándolos a las condiciones operativas de la mina.

Metodología de Terzaghi (1946)

En esta metodología se tendrá que considerar de qué manera está dispuesta las estratificaciones con relación a la galería, evaluando posibles desprendimientos teniendo en cuenta:

- Estratificación Vertical
- Estratificación horizontal
- Estratificación horizontal, de pequeña potencia o con muchas juntas

Las cargas se distribuyen para dimensionar el sostenimiento asumiendo estos valores:

Presión uniforme vertical sobre la bóveda equivalente a:

$$P_v = H_p \cdot P_e$$

Presión uniforme horizontal sobre las paredes equivalente a:

$$P_h = 0.3 P_v$$

Presión uniforme sobre la solera, en caso exista, equivalente a:

$$P_s = 0.5 P_v$$

En la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada los valores encontrados fueron:

Zona “A”:

$$P_v = 0.8 \times 2.5 = 2 \text{ Tn/m}^2$$

$$P_h = 0.3 \times 2 = 0.6 \text{ Tn/m}^2$$

Zona “B”:

$$P_v = 2.24 \times 2.5 = 5.6 \text{ Tn/m}^2$$

$$P_h = 0.3 \times 5.6 = 1.68 \text{ Tn/m}^2$$

Zona “C”:

$$P_v = 7.0 \times 2.5 = 17.6 \text{ Tn/m}^2$$

$$P_h = 0.3 \times 17.6 = 5.28 \text{ Tn/m}^2$$

Diseño metodología Protodyakonov (1976)

Las cargas encima del túnel se distribuyen para dimensionar el sostenimiento asumiendo estos valores:

Presión uniforme vertical sobre la bóveda equivalente a: $P_v = \gamma \cdot h$

Presión uniforme lateral equivalente a: $P_h = \gamma \cdot (h + 0.5 \cdot m) \cdot \tan^2 (45^\circ + \phi/2)$

Donde se obtuvo:

Zona “A”:

$$P_v = \gamma \cdot h = 1.5 \text{ tn/m}^2$$

$$P_v = 27.2 \text{ tn/m}^2$$

Zona “B”:

$$P_v = \gamma \cdot h = 2.8 \text{ tn/m}^2$$

$$P_v = 20.6 \text{ tn/m}^2$$

Zona “C”:

$$P_v = \gamma \cdot h = 9.4 \text{ tn/m}^2$$

$$P_v = 18.5 \text{ tn/m}^2$$

Diseño mediante la metodología de Cemal Biron

Se tiene en cuenta el perfil de la viga y su resistencia. Para ofrecer un diseño más simple de los arcos se les puede dar una forma de semicircular, por encima de una determinada distancia vertical.

En Compañía Minera Ares unidad Inmaculada se calculó para un perfil DIN, cuya sección presenta un área de 9.2 m², con espaciados de intervalos de 1 m, en un yacimiento con condiciones normales. Se presentan los siguientes datos.

$$\alpha = 0.5, 1, 1.5$$

$$\gamma = 2.5, 2.2, 2.75 \text{ ton/m}^3$$

dando como resultado:

Zona “A”:

$$M_{\max} = - 1.50 \text{ tn.m}$$

$$N_{\max} = - 6.0 \text{ ton}$$

Zona “B”:

$$M_{\max} = - 3.0 \text{ tn.m}$$

$$N_{\max} = - 12.0 \text{ ton}$$

Zona “C”:

$$M_{\max} = - 4.50 \text{ tn.m}$$

$$N_{\max} = - 18.0 \text{ ton}$$

4.4.2. Convergencia del comportamiento de las cimbras

Llevar este tipo de control permite tener un conocimiento más profundo de sus comportamientos para poder compararlo con las condiciones geomecánicas que presente el yacimiento y de esta manera poder estimar el tiempo de vida operativo de las cimbras, así como evaluar las acciones para controlar sus deformaciones.

Las principales causas de estos deterioros en la Compañía Minera Ares se encuentran asociados a presiones laterales es por ello que el control de convergencias se lleva a cabo mediante la medición de las dimensiones laterales AC

Por medio de la convergencia se puede determinar la VDL (Velocidad de Deformación Lateral) y además se puede estimar el tiempo operativo de las cimbras.

Como parte del sistema de registro se elaboró una codificación mediante colores, este sistema ofrece una identificación fácil por medio de una

visualización las cimbras que presenten deformaciones grandes y/o VDL aceleradas, con lo cual se pueden tomar acciones para controlarlas.

Figura 38 *Código de colores de deformaciones*

	Ancho crítico
	Cimbra nueva
	Velocidad máxima
	Deformación acelerada
	Próximos al ancho crítico

Ancho crítico: Cimbra con una anchura por debajo de 2.5m

Cimbra nueva: De instalación reciente menor a 1 mes

Velocidad máxima: Cimbra cuya velocidad de deformación es mayor

Deformación acelerada: los valores de VDL se encuentran por encima de 1 cm/día.

Con Invert: se instala una solera invertida en la cimbra

Próximos al ancho crítico: La cimbra presenta una vida operativa a la necesaria.

Teniendo como base las necesidades operativas se pudo determinar que las dimensiones mínimas del segmento ancho de la cimbra deben estar por encima de 2.5 m. de no contar con estas dimensiones se la considera una cimbra subestándar.

4.4.3. Efectos de los factores influyentes en la duración de las cimbras

Tenemos lo siguiente efectos:

Inestabilidad de la masa rocosa

Presencia de agua subterránea

Método de minado.

Dentro de estos efectos los factores resaltantes relacionados a la Inestabilidad del cuerpo de rocas se encuentran:

Nivel Muy Malo en cuanto a calidad del cuerpo de roca mineralizado

Nivel Malo en cuanto a Calidad del material encajonante

Deformación del cuerpo de rocas del yacimiento

Características expansivas de la masa rocosa del yacimiento

A nivel subterráneo el agua tiene una influencia determinante en el tiempo de vida de las cimbras, influyen de manera considerable dependiendo de la cantidad de agua, así se tiene flujo continuo, flujo ligero, goteo, húmedo, seco los cuales van a producir efectos diferentes.

El metodo de minado influye en la estabilidad de la roca por los efectos que pueda producir el proceso de minado, el esquema y secuencia de avance del minado, también influye las técnicas de perforacion, voladura influye en el daño a las cimbras.

4.4.4. Costos de materiales y de instalación

Los principales insumos usados en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada son:

Cimbras THN- 29, 3.0m x 3.0m, 29 kg/m, 2 piezas

Cimbras HG, 3.0m x 3.0m, 20 lb/pie, 2 piezas

Cimbras THN- 29, 3.25m x 3.0m, 29 kg/m 2 piezas

Solera invertida (viga)

Solera invertida deslizante

Los costos de instalación dependen de los siguientes factores: Tipo de cimbra, con o sin invertí y espaciamiento, así tenemos:

Costo de colocación de cimbras 6H20 (4.5m x 3.0m, 3.5m x 3m, 3m x3m)

Costo total/ \$ = 1223.55, Costo cimbra Unidad/ \$ = 611.78

Costo de colocación de cimbras THN-29 (3m x3m)

Costo total/ \$ = 1355.58, Costo cimbra Unidad/ \$ = 677.80

Costo de colocación de cimbras THN-29 (3.25m X 3m)

Costo total/ \$ = 1310.97, Costo cimbra Unidad/ \$ = 655.48

Enmaderado de cimbras (Enrejado y encribado)

Costo total/ \$ = 386.90, Costo \$/m² = 8.22

Colocación de marchavante de riel

Costo total/ \$ = 974.86, Costo cimbra Unidad/ \$ = 194.97

Colocación de marchavante de madera

Costo total/ \$ = 222.85, Costo cimbra Unidad/ \$ = 22.59

Retirado de cimbras antiguas

Costo total/ \$ = 171.90, Costo cimbra Unidad/ \$ = 171.90

Colocación de solera invertida (Invert)

Costo total/ \$ = 1064.48, Costo cimbra Unidad/ \$ = 177.41

Instalación de cimbras de refuerzo 6W20 (3.0m X 3.0 m)

Costo total/ \$ = 1224.55, Costo cimbra Unidad/ \$ = 612.28

Instalación de cimbras de refuerzo THN-29 (3.0m X 3.0 m)

Costo total/ \$ = 1356.59, Costo cimbra Unidad/ \$ = 678.29

CONCLUSIONES

Se llegaron a las siguientes conclusiones:

Referente al diseño del sistema de sostenimiento con cimbras en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada, se empleó las metodologías más conocidas la metodología de Tarzaghi, metodología Protodyakonov, mediante la metodología de Cemal Biron, cuyos resultados fueron:

Tarzaghi, Zona "A": $P_v = 2 \text{ Tn/m}^2$, $P_h = 0.6 \text{ Tn/m}^2$; Zona "B": $P_v = 5.6 \text{ Tn/m}^2$, $P_h = 1.68 \text{ Tn/m}^2$; Zona "C": $P_v = 17.6 \text{ Tn/m}^2$ $P_h = 5.28 \text{ Tn/m}^2$.

Protodyakonov: Zona "A": $P_v = 1.5 \text{ tn/m}^2$, $P_v = 27.2 \text{ tn/m}^2$; Zona "B": $P_v = 2.8 \text{ tn/m}^2$, $P_v = 20.6 \text{ tn/m}^2$; Zona "C": $P_v = 9.4 \text{ tn/m}^2$, $P_v = 18.5 \text{ tn/m}^2$

Cemal Biron: Zona "A": $M_{\max} = - 1.50 \text{ tn.m}$, $N_{\max} = - 6.0 \text{ ton}$, Zona "B": $M_{\max} = - 3.0 \text{ tn.m}$, $N_{\max} = - 12.0 \text{ ton}$; Zona "C": $M_{\max} = - 4.50 \text{ tn.m}$, $N_{\max} = - 18.0 \text{ ton}$.

Llevar este tipo de control sobre las deformaciones permite tener un conocimiento más profundo de sus comportamientos para poder compararlo con las condiciones geomecánicas que presente el yacimiento y de esta manera poder estimar el tiempo de vida operativo de las cimbras, así como evaluar las acciones para controlar sus deformaciones.

Las principales causas de estos deterioros en la Compañía Minera Ares se encuentran asociados a presiones laterales es por ello que el control de convergencias se lleva a cabo mediante la medición de las dimensiones laterales AC.

Efectos de los factores influyentes en la duración de las cimbras que se logró determinar fueron:

Inestabilidad de la masa rocosa

Presencia de agua subterránea

Método de minado.

Los costos de instalación dependen de los siguientes factores: Tipo de cimbra, con o sin invert y espaciamiento, así tenemos:

Costo de colocación de cimbras 6H20 (4.5m x 3.0m, 3.5m x 3m, 3m x3m)

Costo total/ \$ = 1223.55

Costo de colocación de cimbras THN-29 (3m x3m), Costo total/ \$ = 1355.58

Costo de colocación de cimbras THN-29 (3.25m X 3m), Costo total/ \$ = 1310.97

Enmaderado de cimbras (Enrejado y encribado), Costo total/ \$ = 386.90

Colocación de marchavante de riel, Costo total/ \$ = 974.86

Colocación de marchavante de madera, Costo total/ \$ = 222.85

Retirado de cimbras antiguas, Costo total/ \$ = 171.90

Colocación de solera invertida (Invert), Costo total/ \$ = 1064.48

Instalación de cimbras de refuerzo 6W20 (3.0m X 3.0 m), Costo total/ \$ 1224.55

Instalación de cimbras de refuerzo THN-29 (3.0m X 3.0 m), Costo total/ \$1356.59

RECOMENDACIONES

Cuando se instalen las cimbras deslizantes hay que considerar las disposiciones de los pies de los cuadros que podrían ser verticales, y tener una ligera convergencia o divergencia. Dependiendo del perfil del terreno y las presiones se puede aplicar uno de los modelos. En el caso de una superficie que debe soportar presiones elevadas se optara por cuadros deslizantes con pies de apoyo verticales y convergentes. En el caso de pies con orientación divergente, parecido a un segmento pentagonal que ofrece un importante esfuerzo de de tracción en la sección de la base y del techo que son causa del fenómeno de hinchamiento en los muros.

La pendiente del terreno determina la cantidad de elementos y sus disposiciones adecuadas, debido a que los conjuntos deslizantes deben ubicarse para favorecer a los desplazamientos del conjunto evitando la flexión de la cimbra. Usando arcos deslizantes de dos elementos en el caso de las presiones de la sección lateral se obtuvo un rendimiento aceptable. Adicionalmente a los factores técnicos hay que considerar los factores propios de la operación.

Se recomienda, comenzar a unos 1,5 metros empaquetar las cimbras en el caso de rocas equivalentes al tipo C de la mina Rosaura. Debido a que por medio de evaluaciones visuales en el campo se pudo observar que el empaquetado completo de la cimbra presenta una deformación lateral con una deformación considerablemente mayor. Para reducir las presiones sobre las cimbras la roca expansiva se descarga de las paredes por medio de un encostillado de 1,5 metros desde el suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arana, V. (2019).** *“Implementación del uso de cimbras en AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW para mejorar el sostenimiento en Empresa Minera Ares S.A.C.– Unidad Inmaculada.”*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa] repositorio institucional Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru.
- Badajoz, M. (2020).** *Tu tesis en cinco pasos*.
- Baena , G. (2014).** *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Bernal, C. (2010).** *Metodología de la investigación, tercera edición*. Pearson Educación de Colombia Ltda.
- Cardenas , J. (2019).** *Optimización del armado de cimbras en las ventanas de los tajos sub Level Caving en la U.M. Yauricocha*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional del Centro del Perú] repositorio institucional Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Castillo, B. (2015).** *Metodo de explotacion subterranea: Sublevel Stopping* [Diapositivas de Power Point].
- Chura, H. (2018).** *“Geomecánica dinámica en la optimización de radio de influencia efectiva en voladura de taladros largos de la unidad operativa inmaculada, Hochschild Mining – Ayacucho*. [tesis de licenciamiento U.N. del Altiplano]repositorio institucional de la U.N. del Altiplano Puno.
- Crispin, Espinoza, O. (2013).** *DISEÑO CON CIMBRAS PARA MEJORAR EL SOSTENIMIENTO EN LA RAMPA (·) 759 CORPORACIÓN MINERA CASTROVIRREYNA S.A.* [tesis de licenciamiento Universidad de Huancavelica] repositorio institucional Universidad Nacional de Huancavelica.

- Estrella, K. (2015).** *“SOSTENIMIENTO DE LABORES CON CIMBRAS METÁLICAS EN EL DISEÑO DEL SUBLEVEL CAVING”*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional del Centro del Peru] repositorio institucional Universidad Nacional del Centro del Peru.
- Hernandez ; Fernandez; Baptista, R. (2014).** *Metodologia de la investigacion, sexta edicion*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Instituto Geologico y Minero de España . (1990).** *Mecanica de rocas aplicada a la mineria metalica subterranea*.
- Lopez Jimeno, C. (1987).** *MANUAL DE PERFORACION Y VOLADURA*. (I. G. España, Ed.)
- Ministerio de Energia y Minas MEM - D.S. 024 - 2016. (2016).** Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería.
- Montalvo, N. (2019).** *Optimización del uso de cimbras para mejorar la seguridad en las labores subterráneas de la E.C.M. Santa Catalina, UEA Cerro Sac - 2018*. [tesis de Maestro, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion] repositorio institucional Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.
- Núñez , R. (s.f.).** IMPLEMENTACIÓN DE CIMBRAS PARA REDUCIR COSTOS EN LA EMPRESA MINERA ISCAYCRUZ S.A. – HOYÓN, PARA EL AÑO 2017. 2017. [tesis de licenciamiento Universidad Señor de Sipan] repositorio Institucional Universidad Señor de Sipan.
- Osinergmin,. (2017).** *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. (O. S. OSINERGMIN, Ed.)
- Republica de Colombia, Ministerio de Minas y Energia . (2003).** *Glosario tecnico minero*. Colombia.

Sanchez, E. (2020). Sostenimiento subterraneo en mineria. *Apuntes de clases de sostenimiento.*

Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía. (2004). *Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas.*

Supo, Caverio, F. (2014). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES.* (E. Universitario, Ed.) Lima.

Universidad Politécnica de Madrid . (2020). *Introducción a la Minería Subterránea. Vol. IV Métodos de explotación de interior .*

ANEXOS

Anexo A

Instrumentos de recolección de datos

[illegible]

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título: “Implementación del Uso de Cimbras en AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW para Mejorar el Sostenimiento en Empresa Minera Ares S.A.C.– Unidad Inmaculada.”				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
Problema general ¿Cuál es el comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) debido las presiones en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW que nos permitirán tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada? Problemas específicos Problema específico a ¿Cuál es la metodología de diseño del sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras), en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada? Problema específico b ¿Cómo determinamos la convergencia en el análisis del comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada? Problema específico c ¿Cómo influyen los factores tal como el agua subterránea, el método de minado, calidad de roca,	Objetivo general Determinar el comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) debido las presiones en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW que nos permitirán tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada. Objetivos específicos Objetivo específico a Conocer la metodología de diseño del sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras), en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada. Objetivo específico b. Determinar la convergencia en el análisis del comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW en la Compañía Minera Ares unidad Inmaculada. Objetivo específico c.	Hipótesis General Una buena instalación o comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW que nos permitirán tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada. Hipótesis específicas Hipótesis específica a Contando con una metodología de diseño del sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras), en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW permitirá tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada... Hipótesis específica b La Determinación de la convergencia del comportamiento de los cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv. 4360 – 4375 / VE 05 SW permitirá tomar decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos en Compañía Minera Ares unidad Inmaculada. Hipótesis específica c Controlando los factores tal como el agua subterránea, el método de minado, calidad de roca, en el sostenimiento con cuadros metálicos (cimbras) en el AC 383491 – Nv.	Variables para la hipótesis general -comportamiento de los cuadros metálicos. -Decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos. Variables para la hipótesis específicas Variables para la hipótesis específica a -Metodología de diseño del sostenimiento. -Decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos. Variables para la hipótesis específica b -Convergencia de los cuadros metálicos. -Decisiones inmediatas y ampliar el tiempo de vida de los cuadros metálicos. Variables para la hipótesis específica c	tipo de l. aplicativo. nivel de l. explicativo, analítico Diseño de l.es no experimental muestra las labores acceso a crucero AC 383491 – Nv 4360 – 4375/ veta 05 SW.

